TELMO PIEVANI

ANATOMIA DI UNA RIVOLUZIONE

LA LOGICA DELLA SCOPERTA SCIENTIFICA DI DARWIN

MIMESIS
EPISTEMOLOGIA

"Nonostante le preoccupazioni figlie della sua mitezza, Darwin fu un uomo libero, un esempio di intellettuale civile dentro la tempesta di emancipazione che aveva prodotto, oggetto di quelli che definiva 'i violenti attacchi degli ortodossi'. Rileggiamo il suo capolavoro innanzitutto perché è ancora oggi un'agenda aperta sul futuro. 'Intanto questo è un principio', aveva scritto a Hooker nel 1869, e così è stato. Qui abbiamo cercato di raccontarne l'intricata genesi, il metodo innovativo e la peculiare struttura interna."

Telmo Pievani

Ventidue anni di attesa e di reticenza. Dodici anni di rimaneggiamenti. *L'origine delle specie* di Darwin non fu soltanto un libro. Fu un romanzo di formazione, un travaglio teorico e umano, un cantiereaperto di idee e di ipotesi. La sua struttura argomentativa "alla rovescia" è peculiare e rivelatrice. Dalle sue pagine traspira la complessa logica della scoperta scientifica del naturalista inglese e il suo metodo misto, tra induttivismo e slanci ipotetico-deduttivi. In questo saggio il capolavoro darwiniano viene scomposto e ricomposto in un modo del tutto inedito, seguendo le sottili tracce delle revisioni apportate dall'autore alle sei edizioni successive dell'Opera, fino all'ultima del 1872. Un meticoloso lavoro di scavo storico e linguistico, con una sequenza analitica di citazioni tradotte *ex novo* dall'originale, che svela tutto il pluralismo teorico di Darwin, la sua attenzione verso le obiezionidegli avversari, la consapevolezza dei punti deboli, la forza delle evidenze e delle argomentazioni, e soprattutto le predizioni rischiose (alcune poi corroborate, altresmentite) che proiettarono la teoria dell'evoluzione nel futuro della ricerca biologica. Questo libro è al contempo una guida alla lettura e una proposta filosofica e storiografica, che permette di capire oggi il nocciolo teorico del neodarwinismo e l'agenda dei problemi ancora aperti in filosofia della biologia.

Telmo Pievani è professore associatopresso il Dipartimento di Biologia dell'Università degli studi di Padova, dovericoprela prima catte dra italiana di Filosofia delle Scienze Biologiche. Dal 2001 al 2012è stato in servizio presso l'Università degli stu di di Milano Bicocca. Filosofo e storico della biologia ed esperto di teoria dell'evoluzione, è autore di più di 150 pubblicazioni nazionali e internazionali nelcampo dellafilosofia della scienza, fra le quali: *Homo sapiens e altre catastrofi* (Roma, 2002); *htroduzione alla filosofia della biologia* (Roma-Bari, 2005; edizione portoghese 2010); *La teoriadell'evoluzione* (Bologna, 2006 e 2010); *Cre azione senza Dio* (Torino, 2006, finalista Premio Galileo e Premio Fermi; edizione spagnola 2009); *In difesa di Darwin* (Milano, 2007); *Natiper credere* (Torino, 2008,con V. Girotto e G. Vallortigara); *La vita inaspettata* (Milano, 2011; finalista Premio Galileo; Premio Serono Menzione Speciale 2012); *Homo sapiens. La grande storia della diversità umana* (Torino, 2011, con L.L. Cavalli Sforza); *Introduzione a Darwin* (Roma-Bari, 2012); *La fine del mondo. Guida per apocalittici perplessi* (Bologna, 2012). Direttore del portale *Pikaia*, collabora con *Il Corriere della Sera* e con le riviste *Le Scienze*, *Micromega* e *L'Indice dei Libri*.

Mimesis Edizioni
Epistemologia
www.mimesisedizioni.it

16.00 euro

ISBN 978-88-5751-644-8
9 788857 516448

Telmo Pievani

ANATOMIA DI UNA RIVOLUZIONE

La logica della scoperta scientifica di Darwin

MIMESIS
Epistemologia

INDICE

Introduzione

UNA LUNGA PREPARAZIONE

Il successo duraturo di un libro può dipendere anche dall'efficacia dei limiti estremi che lo cingono. *L'origine delle specie* di Charles R. Darwin (d'ora in poi OdS) presenta un incipit e una chiusa memorabili. Quest'ultima esordisce con una celebre frase di commento che è diventata il logo rivoluzionario del volume: "Vi è qualcosa di grandioso in questa visione della vita" (p. 554). La genesi di questi due passi, inizio e fine del capolavoro darwiniano, descrive al meglio la sofferta costruzione intellettuale, durata più di vent'anni, dell'opera maggiore del naturalista inglese.

L'introduzione inizia con alcune note personali, di cui Darwin si scusa e il cui scopo è "dimostrare che non sono stato troppo precipitoso nella decisione". In effetti, come vedremo, i venti anni di attesa attestano la lunga ponderazione dell'opera darwiniana:

> *Durante il mio periodo d'imbarco sulla regia nave* Beagle, *in qualità di naturalista, fui molto colpito da alcuni fatti relativi alla distribuzione degli esseri viventi nell'America meridionale, e ai rapporti geologici fra gli abitanti attuali e quelli estinti di quel continente. Come si vedrà negli ultimi capitoli di questo libro, tali fatti sembravano portare un po' di luce sull'origine delle specie, questo mistero dei misteri, come è stato chiamato da uno dei nostri migliori filosofi.* (p. 77)[1]

---

1 Sarà adottato qui un approccio epistemologico di tipo genetico-evolutivo, centrato sul processo di continuo aggiustamento teorico della struttura del "programma di ricerca" darwiniano ("l'evoluzione del pensiero di Darwin", secondo la definizione di Giuseppe Montalenti). OdS è il frutto di un'elaborazione cominciata ventidue anni prima, nel 1837, e proseguita nei dodici anni che seguono la prima edizione. Questi due processi di costruzione intellettuale rappresentano una chiave di lettura privilegiata per capire l'opera sia dal punto di vista del suo contesto storico sia dal punto di vista della sua architettura teorica. L'ottima traduzione di Celso Balducci (in C. Darwin, "L'evoluzione", Newton Compton, Roma, 1994, pp. 175-522) è condotta sulla prima edizione, benché presenti alla fine di ciascun capitolo le principali varianti introdotte da Darwin nella sesta edizione (richiamate con numeri progressivi nel testo). Tali variazioni sono numerose e capillari, con il risultato che

Quasi cinquecento pagine dopo, ecco la celeberrima chiusa di OdS:

> *Vi è qualcosa di grandioso in questa visione della vita, con le sue diverse forze, originariamente impresse dal Creatore in poche forme, o in una forma sola; e nel fatto che, mentre il nostro pianeta ha continuato a ruotare secondo l'immutabile legge della gravità, da un così semplice inizio innumerevoli forme, bellissime e meravigliose, si sono evolute e continuano a evolversi.* (p. 554)*

In che cosa consiste esattamente la "grandiosità" (*there is grandeur in this view of life*) a cui fa riferimento Darwin? E soprattutto, come può un processo cieco, senza fini e senza preveggenze, un lento meccanismo statistico e demografico, costruire la maestosità della visione della vita darwiniana, con le sue *endless forms most beautiful and most wonderful*? Che cosa ha da insegnarci ancora oggi la risposta che Darwin diede a queste domande? La chiusa di OdS ha una storia peculiare, perché negli scritti privati di Darwin la vediamo ricomparire a più riprese, in versioni leggermente diverse ma con un marchio inconfondibile, a molti anni di distanza l'una dall'altra, come se quel celebre commiato, da consumato attore che lascia il palcoscenico dopo averci raccontato la sua visione, fosse stato lungamente studiato e soppesato parola per parola.

Noi sappiamo che Darwin stava lavorando alla sua "view of life" dai tempi dei Taccuini della Trasmutazione, ovvero da più di vent'anni prima del 1859, due decenni di segretezza e reticenze interrotti bruscamente dall'annuncio che un altro naturalista, Alfred R. Wallace, era giunto dopo di lui alle medesime conclusioni (Darwin, 1842-1858; Quammen, 2006). Il

la lettura delle due versioni appaiate non è agevole. La traduzione italiana più recente e aggiornata del testo darwiniano, per merito di Giuliano Pancaldi, è uscita nel 2009 nei tipi di BUR Rizzoli. Essa fa però riferimento alla prima edizione di OdS del 1859, riportando in appendice alcune parti ("Risposte alle critiche") tratte dalla sesta e ultima edizione, quella finale licenziata da Darwin nel 1872. Per queste ragioni, si farà qui riferimento, in linea generale, alla traduzione classica di Luciana Fratini uscita la prima volta nel 1967 per Bollati Boringhieri. È condotta direttamente sulla sesta edizione del 1872 e il lettore potrà facilmente ritrovare tutte le citazioni qui riportate. Tuttavia, nella traduzione dei passi, faremo qui scelte terminologiche differenti se necessario, sulla base di quanto acquisito nelle traduzioni successive prima citate e di una maggiore rispondenza al testo originale inglese (che sarà aggiunto ove necessario, per sottolineare la specificità della prosa darwiniana). Dove la traduzione del passo è stata modificata, aggiungeremo un asterisco al riferimento di pagina dell'edizione Bollati Boringhieri. Per alcuni passaggi particolarmente rivelatori verrà poi analizzata la sequenza delle variazioni testuali introdotte da Darwin nelle successive edizioni di OdS.

periodo di stesura dei Taccuini va dal 1836 al 1844 e corrisponde alla fase di massima diversificazione iniziale degli interessi di Darwin (Darwin, 1836-1844). È appena tornato dal viaggio di circumnavigazione del globo durato cinque anni a bordo del *Beagle* e la sua curiosità enciclopedica spazia fra campi disparati che da lì a qualche decennio diventeranno dominio di competenze settoriali. Il *Red Notebook* viene inaugurato da Darwin già a bordo del *Beagle* nella primavera del 1836 e compilato in viaggio nell'Atlantico, sulla via del ritorno. Le prime osservazioni del Taccuino Rosso fanno intravedere quale sarà lo scenario maestoso dentro il quale nasce la teoria dell'evoluzione: le trasformazioni incessanti della superficie instabile del pianeta e la geologia imparata dal maestro Adam Sedgwick e dai *Principles of Geology* di Charles Lyell come modello di scienza rigorosa (p. 72 dell'originale[2]), perché capace di applicare i suoi schemi semplici al mondo intero (p. 18).

Darwin sente il bisogno di mettere ordine alle osservazioni da buon induttivista "baconiano", come si definirà non senza qualche depistaggio nell'*Autobiografia* iniziata nel maggio del 1876 (Darwin, 1958). Trasferitosi a Londra dopo il viaggio, inizia la sua carriera accademica come geologo e comincia a raccogliere i commenti dei maggiori esperti britannici a cui aveva affidato, distribuiti per competenza, i suoi preziosi reperti. In pochi mesi nei cinque Taccuini successivi (da A a E), con una scrittura diaristica da appunti di laboratorio, vediamo così innalzarsi l'intera architettura teorica darwiniana: la discendenza con modificazioni da antenati comuni (visibile nel tempo, attraverso i fossili, e nello spazio, attraverso la biogeografia); la moltiplicazione e l'estinzione delle specie (con una prima fase "saltazionista" che verrà poi negata in virtù dell'adesione all'uniformitarismo di Lyell, tradotto nel gradualismo evolutivo); la lotta per l'esistenza (ispiratagli dalla lettura di Thomas Malthus nel settembre del 1838); la selezione naturale (così definita poi nello *Sketch* del 1842); l'analogia con la selezione artificiale.

In questa fase il suo occhio è fedele ai dati osservativi in quanto tali, che vuole rendere coerenti attraverso generalizzazioni. È colpito, come ricorderà nell'*Autobiografia* del 1876, da un insieme eterogeneo di evidenze: dal mix di somiglianze e differenze tra grandi animali del passato

2 Le pagine fanno riferimento all'originale darwiniano dei Taccuini curato in edizione critica da Barrett *et alii* nel 1987. La stessa numerazione è presente nella traduzione italiana parziale dell'opera: *Taccuini 1836-1844, Taccuino Rosso, Taccuino B, Taccuino E*, Editori Laterza, Roma-Bari, 2008, a cura di T. Pievani, trad. di Isabella Blum.

(come il gliptodonte e altri mammiferi estinti che dissotterra in Patagonia) e animali attualmente esistenti in quei luoghi (l'armadillo); dalla distribuzione geografica dei nandù patagonici andando verso sud, laddove una barriera fisica come il Rio Negro fa sì che si dividano in due specie "cugine"; dalla morfologia e dalla distribuzione di piante e animali sugli arcipelaghi, così simili a quelli del continente vicino ma poi diversificatisi da isola a isola. Leggendo voracemente testi di ogni tipo, ha per le mani una matassa di dati provenienti principalmente dalla paleontologia e da quella che oggi chiamiamo biogeografia. Dunque, evidenze riguardanti il tempo e lo spazio insieme: non soltanto parentele genealogiche, ma anche geografiche, questo è il crogiuolo in cui nasce la teoria darwiniana, come vedremo anche in OdS.

Sembra lasciarsi pervadere da ciò che ha visto, con un'attitudine ricettiva e descrittiva. In questa prima stesura, anche ispirandosi all'analogia tra specie e individui proposta dal geologo italiano Giambattista Brocchi (conosciuto attraverso le rispettose critiche alla sua opera contenute nei ***Principles** of Geology* di Lyell, che aveva letto in viaggio), si convince che le specie siano entità discrete, con confini netti, una nascita, uno sviluppo e una morte. La loro trasmutazione deve quindi avvenire "per salti", scrive alla fine del Red Notebook (un'affermazione sorprendente, conoscendo il gradualismo pervasivo teorizzato in OdS). In particolare, una nuova specie nasce rapidamente quando una sotto-popolazione della specie madre viene a trovarsi isolata fisicamente e gli organismi dei due gruppi finiscono per non riuscire più a incrociarsi (si crea, scrive Darwin, una "ripugnanza all'incrocio"). È, in sostanza, l'intuizione del processo di speciazione geografica, che passerà sotto traccia in OdS e tornerà di forte attualità nel Novecento.

Darwin sta entrando in quello che ancora oggi è il cuore della spiegazione evoluzionistica e uno dei grandi temi della filosofia della biologia. Si interroga cioè su come tenere insieme il continuo e il discreto, in altri termini la trasmutazione di una specie nell'altra senza soluzioni di continuità ma anche l'evidente distinzione fra specie diverse, sia nello spazio (con variazioni geografiche continue, e tuttavia specie distinte) sia nel tempo (con specie estinte, specie discendenti simili e non sempre gradi intermedi di transizione fra l'una e l'altra). Ne risulterà una rivoluzione intellettuale e metodologica, che non corrisponde soltanto e semplicemente alla confutazione della teoria fissista delle creazioni speciali (già messa in dubbio da più parti) ma all'esordio del pensiero popolazionale unito alla visione ramificata della storia naturale (ciò che oggi definiamo "tree thinking").

Le basi sono gettate per il ponte successivo, quello fra la visione ramificata della natura, già familiare agli anatomisti dell'epoca, e la sua idea di trasmutazione. Inizia il Taccuino B, rileggendo *Zoonomia*, l'opera protoevoluzionistica del prorompente nonno Erasmus, la cui arditezza teorica era già stata definita da Coleridge "darwineggiare". Unisce con formidabile intuizione sintetica i dati riguardanti il tempo e quelli riguardanti lo spazio, in un unico schema: "Gli esseri organizzati rappresentano un albero, irregolarmente ramificato, giacché alcuni rami sono di gran lunga più ramificati di altri. Di qui i generi. Tante gemme terminali muoiono, quante ne sono generate di nuove" (Taccuino B, p. 21). Alla pagina 36 del B – divenuta ormai celebre icona dei Taccuini – scrive d'un tratto "I think" e disegna l'albero della vita. È il suo primo diagramma evoluzionistico, uno spartiacque teorico: la parentela universale di tutti i viventi, uniti da un albero genealogico fittamente ramificato (Eldredge, 2006).

Con l'idea di "moltiplicazione delle specie" Darwin intuisce in sostanza che l'intero sistema, essenzialista e creazionista, di classificazione binomiale proposto nel *Systema Naturae* di Carlo Linneo (la cui decima edizione era uscita nel 1758) corrispondeva in realtà a un ordine di vicinanza e di comparsa nella storia naturale. Pensa di avere fra le mani addirittura un "nuovo sistema della Storia Naturale" (p. 47), perché in grado di sintetizzare in un colpo solo concetti come speciazione, moltiplicazione delle specie, discendenza comune, estinzione. In effetti, c'è qualcosa di "grandioso", ma non basta. Sembra insoddisfatto, sa che gli manca ancora il meccanismo esplicativo centrale. È un momento cruciale, perché ha intuito e descritto a se stesso il grande schema ad albero della discendenza comune (l'evidenza primaria della sua teoria), ma non gli basta e si mette alla ricerca di un processo causale sottostante. Vuole la linfa che alimenta quell'albero. A p. 227 dialoga con se stesso: adesso devo concentrarmi sulle "*cause* del cambiamento". Il linguaggio cambia: compaiono sempre più frequentemente termini – come "leggi", "cause", "teoria" – connessi all'esigenza di trovare una spiegazione generale di quanto finora osservato, dalla quale poi dedurre nuove interpretazioni e predizioni.

Su un punto invece ha ormai le idee chiare, anche grazie alla lettura di *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (1830) dell'astronomo John Herschel e alla sua dissertazione circa le "cause vere" di spiegazione dei fenomeni naturali[3]: le ipotesi creazioniste tradizionali da cui era partito non reggono più, non hanno aderenza ai fatti, non sono in-

[3] Insieme a *Personal Narrative* di Humboldt, il libro di Herschel, scrive Darwin nell'*Autobiografia*, accese "in me il desiderio ardente di portare un contributo, an-

duttivamente fondate. Se il Creatore è causa prima di tutte le cose, deve tuttavia operare per mezzo di leggi naturali, comprese quelle dell'evoluzione. L'ipotesi di una sequenza di piccoli atti di "creazione speciale" per ogni forma vivente in ogni luogo è sempre meno plausibile, "non spiega nulla", proprio come non ha senso, dopo aver scoperto la legge di gravitazione universale, ipotizzare che Dio insegua ogni pianeta per tenerlo incatenato alla sua orbita:

> *In passato gli astronomi avrebbero potuto affermare che Dio dispose affinché ciascun pianeta si muovesse seguendo il proprio particolare destino. Allo stesso modo Dio dispone che ciascun animale sia creato con una certa forma in una certa regione; ma quanto più semplice e sublime sarebbe una forza per cui, agendo l'attrazione secondo certe leggi, tali siano le inevitabili conseguenze; essendo creato l'animale, tali saranno i suoi successori secondo le leggi prefissate della generazione.* (p. 101)

Si sente il Newton della biologia[4]: l'affermazione secondo cui "tutti i mammiferi derivano da un'unica stirpe e furono quindi distribuiti con i mezzi che possiamo riconoscere" ha lo stesso valore epistemologico della forza di gravità nello "spiegare il movimento di tutti i corpi con un'unica legge" (p. 196), e ciò in virtù di un metodo induttivo che da casi particolari porta a generalizzazioni fondate, dalle quali acquisiamo ulteriori conoscenze su nuovi fenomeni prima incompresi[5]. In OdS tornerà più volte l'analogia con la legge di gravitazione universale.

Il fatto è che adesso ha una buona descrizione alternativa della storia naturale: la propagazione ramificata di specie "cugine" nel grande albero (o corallo) della vita. Si tratta di "qualcosa che potrebbe rivoltare l'intera metafisica", perché significa che l'uomo e gli animali, "compagni, fratelli in dolore, malattia, morte e sofferenza e fame", condividono un antenato comune (p. 232). Nel processo di indagine darwiniano appare in tutta la sua

---

che il più umile, al nobile edificio delle scienze naturali. Nessun altro libro ebbe su di me un'influenza simile a quella di queste due opere" (p. 49).

4 Questa nota di un Darwin ventottenne è sorprendente se pensiamo che nel 1882 sarà seppellito solennemente nell'abbazia di Westminster a pochi passi proprio da Isaac Newton.

5 Scrive Herschel nel 1830 che grazie a un'induzione valida e comprensiva "siamo presenti ai fatti con gli occhi della ragione, e così acquistiamo continuamente la conoscenza di nuovi fenomeni e di nuove leggi, che giacciono sotto la superficie delle cose e danno origine a nuove parti di scienza, sempre più remote dall'osservazione comune" (in Giorello, Introduzione all'*Autobiografia* di Darwin, edizione Einaudi 2006, p. X).

importanza il rapporto fra l'accumulo tortuoso delle "scoperte" che il naturalista fa e la sua relazione consapevole con esse. Non basta, insomma, scoprire qualcosa: occorre anche esserne coscienti e rendersi conto di avere fra le mani una spiegazione alternativa rispetto a quelle contenute nella "conoscenza di sfondo". Ora gli manca il motore della diversificazione, la legge del cambiamento. Quella che comincia a chiamare quasi affettuosamente "my theory" (alle pp. 219 e 224 del Taccuino B) e che potrebbe avere una conseguenza piuttosto pericolosa: scoprire che la specie pensante forse non è il fine ultimo della storia naturale.

Del resto, "gli animali – quelli che abbiamo reso nostri schiavi – non ci piace considerarli nostri eguali. I padroni di schiavi non vorrebbero forse attribuire l'uomo negro a un altro genere?" (p. 231; per capire quanto sia stata importante, nella formazione delle idee di Darwin, la sua opposizione allo schiavismo, si veda Desmond, Moore, 2009). Eppure, "animali con affetti, imitazione, paura, dolore, dispiacere per i morti, rispetto". E conclude: "potremmo essere tutti legati in un'unica rete". Come vedremo, per Darwin l'evoluzione è una trama ecologica di relazioni complesse.

La grandiosa visione della vita che troviamo nella chiusa di OdS comincia così a prendere forma in un foglietto del 1837:

> *Quando parliamo degli ordini superiori, dovremmo sempre dire, intellettualmente superiori. Ma chi, al cospetto della Terra, ricoperta di splendide savane e foreste, oserebbe dire che l'intelletto è l'unico scopo di questo mondo?* (p. 252)

Nei Taccuini centrali del 1838 (C e D) Darwin mostra un interesse crescente per questioni epistemologiche, con apprezzamenti sempre più marcati per un rigoroso metodo induttivo in cui si susseguano confluenze di induzioni (mettere in ordine fatti sparsi), spiegazioni (le cause o leggi che producono il cambiamento delle specie, ottenute come generalizzazioni dalle evidenze) e previsioni su fatti non ancora noti (Kohn, 1980). È influenzato dal dibattito sulle scienze induttive che si svolgeva in Inghilterra in quegli anni per opera del filosofo e matematico William Whewell (conosciuto a Cambridge prima di partire per il viaggio), nonché di John Stuart Mill e dello stesso Herschel. In un passo di sorprendente modernità epistemologica, nell'agosto del 1838 scrive:

> *Quantunque nessun fatto nuovo venga scoperto da queste speculazioni, anche se parzialmente vere esse sono della massima utilità per l'obiettivo della scienza, ossia la predizione. Prima che i fatti siano raggruppati e denominati,*

non vi può essere predizione. L'unico vantaggio di scoprire leggi è prevedere che cosa accadrà e vedere una connessione tra fatti sparsi. (Taccuino D, p. 67)

Prende forma quella che in realtà è la peculiare metodologia darwiniana, descritta tempo dopo anche dal figlio Francis: come vedremo in OdS, né ingenuo induttivismo da ligio raccoglitore di fatti curiosi (la famosa metafora squalificante, nata negli ambienti della fisica, del naturalista come "collezionista di francobolli"), né deduttivismo speculativo e astratto da filosofo sistematico, bensì una miscela potente di acume osservativo e di sintesi teoriche, capace di tenere insieme una massa eterogenea di fenomeni. Nell'*Autobiografia* definirà la sua mente come "una specie di macchina per estrarre delle leggi generali da una vasta raccolta di fatti" (ed. it. p. 121) e a proposito proprio dei Taccuini giovanili dirà di aver lavorato "secondo i principi baconiani" e "senza seguire alcuna teoria" (p. 101). Ma il suo "raggruppare tutti i fatti sotto leggi generali" (ibid., p. 123) aveva poi un lato discendente: nonostante la sua "diffidenza verso i grandi ragionamenti deduttivi nelle scienze naturali" (ivi), da quelle leggi seppe trarre sia una moltitudine di predizioni osservative sia ulteriori ardite congetture. Bisogna infatti essere scettici nei riguardi delle proprie ipotesi, aggiunge, ma non eccessivamente, non al punto da rimanere paralizzati nel fare esperimenti. Un po' di coraggio teorico e di immaginazione, misti allo spirito di osservazione, è ciò che serve.[6]

Alcuni schemi osservativi hanno invaso in pochi mesi la sua mente, innescando ulteriori domande. Le nuove ipotesi, rese coerenti fra loro, generano predizioni plausibili. Riecheggiando la *History of the Inductive Sciences* di Whewell, che dice di avere molto apprezzato, scrive: "Il genere di ragionamento spesso seguito in tutta la mia teoria consiste nello stabilire un punto come probabile mediante l'induzione, applicandolo poi come ipotesi ad altri punti per vedere se li risolve". È al lavoro la logica della scoperta scientifica di Darwin, non però esattamente improntata al fedele induttivismo baconiano professato nell'*Autobiografia*,[7] ma assai più complessa

6 La nipote Nora Barlow scrive in Appendice all'*Autobiografia*: "Il suo genio era come una trama composta di due elementi intimamente uniti: l'amore per l'osservazione diretta dei fatti naturali e la necessità di formulare una teoria per spiegare tutti i fatti che osservava" (op. cit. p. 139). Nel 1861, in una lettera a Henry Fawcett, Darwin aveva scritto: "È molto strano che non tutti capiscano che ogni osservazione, per avere qualche utilità, deve essere a favore o contro qualche opinione!" (cit. in *Autobiografia*, ed. it. cit. p. 142).

7 Nell'introduzione all'edizione Einaudi 2006 dell'*Autobiografia*, Giulio Giorello nota che "il timore baconiano dell'eccesso di fantasia e del rischio della precipito-

(Ghiselin, 1969). Darwin teme le anticipazioni avventate del metodo deduttivo, ma ammette di averlo praticato. Sempre nell'*Autobiografia*, a proposito della sua teoria (poi rivelatasi corretta) sulla formazione degli atolli corallini, scrive:

> *Nessun altro dei miei lavori fu incominciato con un atteggiamento mentale così deduttivo: infatti la teoria era già stata completamente pensata fin da quando ero sulle coste occidentali del Sud America, e ancora non avevo visto una vera scogliera corallina, sicché non mi rimaneva che verificare e completare le mie opinioni con un accurato esame delle scogliere di coralli viventi.* (p. 80)

Qui potremmo sostituire "mie opinioni" con "mie predizioni". Ciò che in realtà Darwin teme non è il coraggioso deduttivismo scientifico del teorico dotato di straordinarie abilità osservative, quale lui era, bensì il deduttivismo filosofico malamente sorretto da citazioni libresche, affermazioni infondate, universalizzazioni senza evidenze. È precisamente l'atteggiamento che condanna in Herbert Spencer, il padre dell'evoluzionismo progressivo e fautore di innumerevoli fraintendimenti circa il significato della teoria darwiniana. Nell'*Autobiografia* non è per nulla tenero. Pur apprezzando il suo talento,

> *Non credo che la conoscenza delle opere di Spencer abbia avuto qualche influenza sul mio lavoro. Il metodo deduttivo con cui egli tratta ogni argomento è assolutamente contrario alla mia mentalità. Le sue conclusioni non mi convincono mai; e ogni volta, dopo aver letto una sua discussione, mi vado ripetendo: 'ecco un argomento che richiederebbe sei anni di lavoro'*. (p. 90)

E poco oltre spiega la differenza che ha in mente tra le mere "definizioni" alla Spencer e le sue "leggi naturali", cioè il potere predittivo sulla base empirica:

> *Le sue generalizzazioni fondamentali (che qualcuno ha ritenuto d'importanza pari a quella delle leggi di Newton!) forse sono molto importanti filosoficamente, ma non sembrano utili da un punto di vista rigorosamente scientifi-*

---

sa anticipazione è quasi un luogo comune nelle riflessioni accademiche nelle Isole Britanniche nella prima metà dell'Ottocento" (p. IX). In OdS Darwin ama ripetere, in modo quasi rituale e sicuramente per schermirsi, che le leggi da lui scoperte forse non hanno la forza di una deduzione logica ("it may not be a logical deduction" - p. 337), ma sono molto meglio di ogni spiegazione precedente perché più probabili.

co. Esse hanno il carattere di definizioni anziché di leggi naturali e non servono a prevedere che cosa accadrà nei vari casi particolari. (ivi)[8]

L'impressione è che Darwin abbia in mente un metodo ipotetico-deduttivo alternativo, "rigorosamente scientifico" nel senso che le generalizzazioni sono prima raggiunte per via induttiva. Ma poi lo slancio teorico non è affatto di corto respiro. Per esempio cerca sempre di anticipare gli avversari, immaginando le loro obiezioni per prevenirle. Lo farà anche in OdS:

> *Per molti anni avevo seguito l'ottima regola di annotare subito e senza fallo tutto ciò che era contrario ai risultati generali della mia teoria: fosse un fatto, una nuova osservazione o un pensiero che mi capitava di leggere, perché avevo imparato per esperienza che i fatti e i pensieri contrari tendono a sfuggire alla memoria più facilmente di quelli favorevoli. Per questa abitudine poche furono le obiezioni alla mia teoria che già non avessi considerato e a cui non avessi cercato di dare risposta.* (Autobiografia, ed. it. cit. p. 105)

È significativo che durante il processo di scoperta lo scienziato stia riflettendo così razionalmente e intensamente sul proprio metodo (Krausz, Dutton, Bardsley, 2009). In un corpo a corpo incessante, vede schemi di connessione tra fatti sparsi, armato dei quali torna poi alle osservazioni, e poi di nuovo alla teoria in un andirivieni di revisioni, errori rivelatori, congetture e confutazioni. Più che un'epifania, sembra una lotta, la scalata di una vetta controintuitiva, così poco inconscia che ne coglie subito le implicazioni filosofiche e psicologiche (Gruber, 1974; Keynes, 2001): se ho visto bene, nota quasi impaurito, vuol dire che non vi è finalità intrinseca nella storia della natura e che la teologia naturale poggia su piedi d'argilla. Come scrisse Giuseppe Montalenti nell'introduzione all'edizione italiana di OdS del 1967, qui c'è la rottura di un'intera "cosmogonia", il crollo di antiche armonie prestabilite (p. 10). La teleologia viene sostituita da una spiegazione meccanicistica e storica al contempo. È una svolta non soltanto scientifica, ma anche filosofica e persino per certi aspetti psicologica (Girotto, Pievani, Vallortigara, 2008).

Ora dunque ha una "teoria su cui lavorare" (*Autobiografia*, ed. it. cit. p.). Mentre rimugina su questioni metodologiche, trova la pietra angolare della

8 Eppure, assecondando l'idea di introdurre l'espressione "sopravvivenza del più adatto", vedremo che Darwin in OdS mostrerà di essere tutto sommato sensibile all'influenza di Spencer. Nella quarta edizione, lo cita positivamente come colui che ha individuato il "principio della vita", cioè le incessanti azioni e reazioni di forze vitali diverse che tendono a equilibrarsi (p. 358), e lo ritiene il fondatore dell'approccio evoluzionistico in psicologia.

sua concezione il 28 settembre 1838, leggendo la sesta edizione del 1826 del "Saggio sul principio di popolazione" di Thomas Malthus (uscito la prima volta nel 1798) e gli articoli del botanico svizzero Augustin Pyrame de Candolle sulle severe dinamiche popolazionali in fasi di scarsità di risorse e sulla guerra fra specie rivali. Già da solo aveva ipotizzato che vi potesse essere un controllo "naturale" del numero di organismi, ma è l'economia politica di Malthus a mostrargli – sulla scorta di un'intuizione che era già stata di Benjamin Franklin – che le popolazioni biologiche lasciate a se stesse tenderebbero a proliferare indefinitamente in modo accelerato e che soltanto la scarsità di risorse disponibili e di mezzi di sussistenza le mantiene entro dimensioni equilibrate in virtù di una lotta per la sopravvivenza che tempra i sopravvissuti. Non minore influenza sembra avere avuto, in quelle settimane, la lettura de *La ricchezza delle nazioni* di Adam Smith, con la sua interpretazione della concorrenza individuale come motore del cambiamento in un regime di *laissez faire*: il vantaggio del singolo, se lasciato opportunamente esprimere nella libera iniziativa, diventa vantaggio per la nazione.

Ancora una volta, alternandosi tra i taccuini scientifici e quelli che diremmo oggi "filosofici" (ovvero concernenti le "ricerche metafisiche" dei Taccuini M e N), come in tutte le accelerazioni cruciali della sua creatività scientifica usa una metafora, un'analogia, un ponte fra idee, che tornerà anche al centro di OdS:

> *Si potrebbe dire che esiste una forza come di centomila cunei che cerca di spingere ogni genere di struttura adattata nelle lacune dell'economia della Natura, o piuttosto di formare lacune spingendo fuori i più deboli. La causa finale di tutta questa azione dei cunei deve essere quella di vagliare la struttura appropriata e adattarla al cambiamento.* (Taccuino D, p. 135)

Ha colto il meccanismo esplicativo che gli mancava, l'origine degli adattamenti, anche se la chiamerà "selezione naturale" soltanto nel 1842. I freni malthusiani in natura sono la competizione, la predazione, la riproduzione differenziale, le estinzioni: tramite essi, la "mano invisibile" della selezione favorisce i portatori di varianti che offrono un vantaggio contingente nella lotta per la sopravvivenza. Con il Taccuino E il romanzo di formazione scientifica del giovane Darwin trova un suo primo, provvisorio compimento. Viene redatto durante quell'autunno, fino al luglio del 1839, rimuginando sull'idea di settembre, che è riassunta in tre principi:

> *1) I nipoti come i nonni; 2) tendenza a piccoli cambiamenti, specialmente in caso di cambiamenti fisici; 3) grande fecondità rispetto al sostegno [assicurato] dai genitori.* (p. 58)

Ereditarietà, variazione, eccesso di fecondità, competizione, selezione: sono le basi della sua spiegazione, il nocciolo del programma di ricerca darwiniano. Concentra le sue attenzioni sulla variazione e sull'ereditarietà: ha colto che la selezione agisce sulle differenze, in qualche modo tramandabili, tra organismi in competizione all'interno di una popolazione. Paragona la lunghezza del tempo geologico a ciò di cui sono capaci gli allevatori in pochi anni: un altro dei suoi ponti, fra selezione artificiale e selezione naturale, è lanciato.

Capisce così di avere fra le mani la spiegazione del "mistero dei misteri" di cui gli aveva parlato proprio John Herschel a Città del Capo nel giugno del 1836, durante un pranzo "nella sua incantevole casa al Capo di Buona Speranza" (*Autobiografia*, p. 88): la causa della comparsa di nuove specie e delle successioni fossili, il più grande problema aperto per il futuro della scienza. Anche Herschel aveva letto Lyell, era antischiavista come Darwin e si interrogava in quegli anni sull'origine delle specie animali e vegetali, a suo avviso un mistero divino. Il giovane Darwin, due anni dopo a Londra, nutre segretamente idee molto diverse: quell'origine non ha alcunché del mistero divino, è del tutto naturale, ed è proprio ciò che spiega la fondamentale unità di tutti gli esseri umani. Il suo segreto sta tutto in due parole: "cause intermedie" (p. 59), quelle cause materiali che ora ha capito di aver intravisto. Gli scappa persino un "hurrah" di gioia. Ha la piena consapevolezza della sua scoperta. L'importanza di questo momento verrà suggellata, ventuno anni dopo, dalla citazione del "mistero dei misteri" di Herschel all'inizio di OdS.

Ora che ha trovato la grande "legge del cambiamento" che cercava, la selezione naturale, torna indietro a reinterpretare le osservazioni accumulate precedentemente. Il primo dato che rivede è l'apparente mancanza di cambiamento continuo e lento che si osserva nei reperti fossili: lo attribuisce ora non più al carattere discreto delle specie-individui, ma alle lacune della documentazione stessa, perché il nocciolo variazione-selezione gli impone d'ora in poi di pensare a un ritmo uniforme di cambiamenti lenti e insensibili di generazione in generazione, anche se non sempre si vedono. La teoria comincia a "esigere" il suo prezzo.

Qui Darwin capisce di poter applicare alle sue idee sui viventi quanto Charles Lyell aveva indicato per le trasformazioni della superficie terrestre: mai ipotizzare cause o meccanismi speciali e drammatici quando si può spiegare la situazione presente attraverso l'azione cumulativa delle medesime, piccole cause, agenti oggi tanto quanto nel corso di un lunghissimo periodo di tempo passato. Questo metodo "uniformitarista" o "attua-

lista" diverrà la strategia di Darwin per opporsi anche al catastrofismo del grande anatomista e paleontologo francese George Cuvier, propugnatore della teoria dell'alternanza di periodiche "rivoluzioni" nelle faune[9].

Sulla scia di Lyell, si impegna a cercare "lente gradazioni di forme" in serie verticali, piccole modificazioni cumulative nei fossili. Se non si trovano è colpa delle contingenze della fossilizzazione, dell'intermittenza della sedimentazione, come cercare fra le pagine di un libro strappate. Nasce così un lungo fraintendimento, che domina l'OdS e che si trascina fino agli anni settanta del Novecento: ovvero, la necessità o meno di postulare non solo la continuità del cambiamento ma anche un rigido gradualismo all'interno della struttura esplicativa darwiniana. Ora l'interesse di Darwin è puntato più sugli organismi come individui in concorrenza che sulle specie come entità discrete di livello superiore. Il quadro assume tinte fosche: l'evoluzione implica anche un'ecatombe di individui che non ce la fanno. Il 12 marzo 1839 escogita la celebre immagine delle guerre silenziose della natura che piacerà così tanto al poeta Alfred Tennyson e che tornerà in OdS:

> *È difficile credere nella guerra, terribile ma silenziosa, che ha luogo fra esseri organici nei boschi tranquilli e nei campi ridenti.* (p. 114)

Una triste asimmetria risiede nella storia della natura fra l'estinzione, così rapida e irrimediabile, e la trasmutazione, lenta e faticosa. È interessante notare che Darwin non usa qui il termine "evoluzione" – come quasi mai anche vent'anni dopo in OdS – perché attribuito a quel tempo allo sviluppo individuale, alla crescita dell'organismo. Il cambiamento delle specie è un'altra cosa: non ha "cause finali" né frecce del tempo verso forme adulte (p. 146), poiché le sorgenti di variazione sono spontanee, cioè indipendenti dai possibili effetti più o meno adattativi che avranno sui portatori, e l'adattamento è un processo contingente e locale, relativo a condizioni di esistenza mutevoli, dipendente spesso da rimaneggiamenti imperfetti e da correlazioni fra le parti che compongono il piano corporeo degli organismi. Quindi la trasformazione dei viventi non è progressiva, non è una tendenza verso la maggiore complessità dell'organizzazione, non è l'esito di una volontà interna degli animali, come scriveva l'avversario di Cuvier, il grande naturalista francese Jean-Baptiste Lamarck nel

9 "Gli effetti positivi dell'opera di Lyell si potevano chiaramente rilevare confrontando il progresso della scienza inglese con quella francese", *Autobiografia*, ed. it. cit., p. 83.

1809, anno di nascita di Darwin e anno di uscita della *Philosophie zoologique* del francese.

Darwin si accorge del fatto che la rottura con la teleologia adattativa e l'inserimento della specie umana nell'albero della vita, senza "eccezioni" metafisiche, lo stanno portando in rotta di collisione non soltanto con il progressionismo di Lamarck – alla cui opera era stato introdotto dallo zoologo marino Robert E. Grant[10] già nei primi anni di studi di medicina a Edimburgo – ma soprattutto con la trattatistica devota dominante in quegli anni, quella della teologia naturale dei "Bridgewater Treatises", che nei diversi settori delle scienze naturali cercavano di moltiplicare l'argomento del disegno della *Natural Theology* di William Paley (pubblicata nel 1802) mostrando "il potere, la saggezza e la bontà di Dio per come si manifesta nelle opere della Creazione". È percorso dal brivido di aver capito che lo smantellamento della religione naturale per via logica e argomentativa – operato da David Hume, che rilegge avidamente in quei mesi a Londra assaporando le sue critiche all'idea leibniziana di "armonia prestabilita" – è ora possibile anche per via scientifica: c'è un altro modo, del tutto privo di finalismo, per spiegare i meravigliosi adattamenti degli organismi, dall'occhio del camaleonte al volo silenzioso del gufo. Non si tira più indietro:

> *La storia geologica dell'uomo sarebbe perfetta come quella dell'elefante, se solo si scoprisse qualche genere imparentato con l'uomo come* Mastodon *lo è con l'elefante. L'uomo agisce sugli agenti organici e inorganici di questa terra, e a sua volta ne subisce l'azione, come ogni altro animale.* (p. 65)

"Come ogni altro animale", e non solo: "È difficile pensare a Platone e Socrate intenti a discutere l'immortalità dell'anima quali discendenti lineari di un mammifero che troverebbe la sua collocazione nel Systema Naturae" (p. 76). Nel Taccuino M aveva scritto nell'estate del 1838: "Per evitare di dichiarare quanto io creda nel Materialismo, dico solo che le emozioni, gli istinti, i diversi gradi di intelligenza sono ereditari ed è così perché il cervello di un bambino somiglia a quello dei suoi antenati" (p. 57). Sono idee pericolose, che potrebbero pregiudicare la sua carriera, appena iniziata sotto i migliori auspici e con i favori dei maggiorenti della comunità scientifica britannica. Lo scopritore inizia a sentirsi intimorito. Meglio per il momento chiudere i Taccuini in un cassetto. OdS è ancora lontana da venire.

10 Citato come precursore nel compendio storico di OdS, per via delle sue idee trasformiste (p. 70).

Nei venti anni che intercorrono fra i Taccuini e OdS, Darwin soprattutto consolida il suo programma di ricerca, aggiungendo alla selezione naturale il più generale principio di divergenza graduale delle specie (Browne, 2002). Nell'estate del 1842, pochi mesi prima di trasferirsi a Down House nel Kent (dove resterà fino alla morte), approfittando di un soggiorno sereno nella casa paterna decide di compilare a matita un "abbozzo" della sua teoria segreta. Sente probabilmente il desiderio di sistematizzare le sue idee, dopo l'accumulo di pensieri affastellati nei Taccuini. Così nelle trentacinque pagine dello *Sketch* troviamo la prima ossatura dell'impianto esplicativo darwiniano[11].

Descritti nella prima parte i meccanismi che producono il cambiamento delle specie, nella seconda organizza per tipologie le sue classi di prove: la documentazione fossile, di cui cerca di spiegare l'apparente discontinuità ipotizzando che il dato geologico sia frammentario e imperfetto, per avvalorare in questo modo il suo gradualismo; la distribuzione geografica delle specie, come indizio della loro parentela; le "unità di tipo", o omologie, e le conversioni funzionali; le somiglianze nelle fasi precoci dello sviluppo embrionale; gli organi vestigiali. È una rappresentazione della natura radicalmente innovativa, presentata qui in una forma molto moderna, sia perché rimarrà pressoché la stessa nelle stesure successive fino a OdS sia perché contiene barlumi di idee anticipatrici – come quella di cooptazione funzionale, introdotta per spiegare l'origine di organi particolarmente complessi come l'occhio – su cui Darwin tornerà nella sesta edizione di OdS del 1872.

Le bizzarrie della natura cessano di essere il capriccio di un Creatore che insegue ogni dettaglio, perché ora nella sua mente pochi "schemi" o "pattern" possono rendere conto di una vasta eterogeneità di fatti naturali. La selezione naturale, intuisce Darwin, è un processo senza scopi, senza intenzioni, senza premonizioni. È un insieme di meccanismi demografici impersonali dagli esiti contingenti e imperfetti, per quanto funzionali. Dalla silenziosa guerra per le risorse e dalla sopravvivenza differenziale degli individui deriva dunque il bene più alto – chiosa Darwin, facendo qui le prove generali della sua caratteristica prosa – e cioè la comparsa degli animali superiori, ma soprattutto una "grandiosa visione della vita" che da un semplice inizio si è irradiata nella esuberante diversità delle specie passate e presenti, evolvendosi in "innumerevoli forme, bellissime e meraviglio-

11 Per una recente traduzione dello *Sketch* darwiniano, a opera di Isabella Blum, si veda: C. Darwin, *L'origine delle specie, Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 - Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, a cura di T. Pievani.

se". La chiusa dello *Sketch* del 1842 è la stessa di OdS e poco prima troviamo un parallelo che tornerà nell'opera maggiore:

> *Non guardiamo più a un animale come il selvaggio guarda a un bastimento, o un'altra grande opera d'arte, ovvero come a un oggetto completamente al di là della comprensione, ma proviamo, nell'esaminarlo, un interesse di gran lunga maggiore.* (Abbozzo, ed. it. cit. p. 63)

La cavalcata finale delle pagine di OdS ha preso forma e tornerà come una presenza quasi ossessiva nei suoi scritti privati. Ecco il passo precedente nella versione di OdS:

> *Quando non guardiamo più un organismo come un selvaggio guarda una nave, cioè come qualcosa di assolutamente al di fuori della sua comprensione; quando consideriamo ogni produzione della natura come avente una lunga storia; quando contempliamo ogni complessa struttura e istinto come la somma di numerosi espedienti (*contrivances*) ciascuno utile al suo possessore, allo stesso modo in cui ogni grande invenzione meccanica è la somma del lavoro, dell'esperienza, della ragione e anche degli errori di numerosi lavoratori: quando così consideriamo ciascun organismo, quanto più interessante diviene – e parlo per esperienza – lo studio della storia naturale!* (p. 551)

I

IDEE PERICOLOSE E ALTRI ANTEFATTI

A chi confidare idee tanto scottanti? Aveva provato timidamente ad accennarle al suo mentore Charles Lyell, con scarso successo. I nuovi oligarchi dell'Inghilterra industriale e commerciale, i borghesi malthusiani e riformatori che propugnavano i nuovi valori della competizione, del merito e del libero scambio, le avrebbero senz'altro apprezzate. Ma non era quello dei "dissenzienti" antiecclesiastici e degli oppositori al potere anglicano il pubblico a cui Darwin ambiva. Ancor meno lo attirava la prospettiva di diventare un riferimento per i socialisti, per i materialisti e per gli atei che agitavano la società in quei mesi di disordini, di scioperi e di rivendicazioni sociali. Nello *Sketch* aveva dichiarato in più passaggi di non voler affrontare di petto l'argomento della parentela fra uomo e animali, ma sapeva che qualcuno avrebbe potuto facilmente dedurre l'implicazione. Benché quelle e non altre fossero le sue idee, avvertiva il pericolo di essere strumentalizzato, di essere coinvolto in un gioco politico che non lo appassionava. Le ragioni dei vent'anni di "riluttanza" furono dunque molteplici (Richards, 1987) e vanno ben oltre la preoccupazione metodologica di raccogliere altri fatti e di "evitare ogni pregiudizio" dietro la quale si schermisce nell'*Autobiografia* (p. 102).

1. *L'*Essay *del 1844*

Capisce, insomma, la portata della sua scoperta, ma non vuole tradire l'élite della comunità scientifica che lo ha accolto giovanissimo con tanto favore e tanta cordiale generosità. Più che a una rivoluzione dal basso, punta al convincimento graduale dell'establishment, come hanno notato gli storici Adrian Desmond e James Moore (2009). Inizia così ad accennare occasionalmente al suo "segreto" nelle lettere private, ingenerando dubbi nei suoi interlocutori e saggiando prudentemente l'effetto delle sue ipotesi.

Agli inizi del 1844 gli ispira particolare fiducia un giovane brillante botanico, Joseph Dalton Hooker, medico di bordo nella spedizione antartica del capitano Ross appena conclusa, figlio del direttore dei giardini reali di Kew, al quale succederà[1]. Il Darwin pubblico ha appena terminato un lavoro sulle isole vulcaniche, ma in privato riprende fra le mani il suo *Sketch*. Gli piacciono le idee di Hooker sulla distribuzione delle piante nell'emisfero australe e decide di confidarsi. Nel gennaio 1844 gli racconta a quali conclusioni è giunto a partire dalle sue osservazioni sugli animali sudamericani e come ha cambiato idea circa la fissità delle specie. Affermare che "le specie non sono immutabili", tuttavia, gli appare come la confessione di "un omicidio"[2].

L'imbarazzo e la riluttanza di Darwin sono evidenti. In quelle settimane, di "trasmutazione" parlavano per le strade i contestatori più estremisti, rifacendosi principalmente a Lamarck e alla sua idea di una "Histoire naturelle" (uscita dal 1815 al 1822, alcuni anni dopo la *Philosophie zoologique*) dominata da una tendenza intrinseca nelle forme viventi a progredire verso strutture più complesse, una forza di progresso globale persino più forte dell'adattamento locale. Forse anche per questo, nella lettera ripudia con toni particolarmente duri le "insensatezze" del francese. Eppure la non fissità delle specie, la trasformazione graduale dei loro adattamenti in funzione di problemi di sopravvivenza e l'importanza delle pressioni ambientali esterne erano indizi che la natura stessa aveva onestamente suggerito anche a lui. Sta riconoscendo implicitamente che le teorie di Lamarck, per quanto speculative, rappresentavano il primo sistema di interpretazione globale della trasmutazione dei viventi, lo sfondo dal quale eventualmente smarcarsi. Sulla caricatura di Lamarck dovrà ricredersi quando, in OdS, pur continuando a rifiutare il suo progressionismo, dovrà accettare almeno in parte la seconda metà dell'eredità lamarckiana: i principi dell'uso e del disuso e dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti (per quanto con un ruolo circoscritto a casi specifici).

Cerca attenuanti, rifacendosi ora all'antilamarckismo di Lyell e al rifiuto dell'idea che i cambiamenti delle forme organiche siano determinati da precedenti modificazioni comportamentali nelle specie. Hooker, che poi

1 Proprio Hooker, e solo lui, si meriterà una menzione speciale di ringraziamento da parte di Darwin nell'Introduzione di OdS.

2 Per una ricostruzione della parabola intellettuale che va dai Taccuini giovanili a OdS, letta attraverso una selezione di lettere e di documenti, si veda: C. Darwin, *L'origine delle specie. Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 - Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, traduzione di I. Blum, a cura di T. Pievani.

diventerà insieme a Thomas H. Huxley il suo migliore amico e alleato per tutta la vita, nelle sue risposte non si scandalizza affatto. Non è persuaso, ma si dice interessato alle nuove idee. È quanto basta perché Darwin lo elegga come complice privilegiato dei suoi ragionamenti, travolgendolo di proposte interpretative e di domande. Lettera dopo lettera, gli descrive la sua architettura teorica e le evidenze accumulate, dal ruolo dell'isolamento geografico agli effetti della selezione artificiale. Facendo tesoro delle reazioni e delle obiezioni di Hooker, decide di riscrivere per esteso l'Abbozzo di due anni prima, mantenendone la struttura.

Prende così forma nel 1844 la seconda stesura della teoria dell'evoluzione: un "Essay" di più di duecento pagine che Darwin è risoluto a mantenere segreto, tanto da corredarlo di una lettera per la moglie, da aprire solo in caso di morte improvvisa, contenente le disposizioni su come pubblicare postuma la sua opera. Così ricostruisce la vicenda in OdS:

> *Nel 1837, ritornato in patria mi venne l'idea che questo problema si sarebbe potuto risolvere in parte, raccogliendo pazientemente e studiando tutti i fatti che avessero rapporto con esso. Dopo cinque anni di lavoro fui in grado di avanzare qualche teoria sull'argomento e ne scrissi alcune brevi note, che sviluppai, nel 1844, fino ad abbozzare le conclusioni che allora mi sembravano probabili: da quell'epoca fino a oggi ho sempre continuato a studiare lo stesso argomento.* (p. 77)

Sempre lo stesso argomento, dunque, e con spiegazioni ritenute "probabili". Ma con il passare dei mesi di quel 1844 le ragioni della reticenza aumentarono. Nell'ottobre del 1844 uscì anonimo un libro divulgativo dal titolo "Vestiges of the Natural History of Creation", dove l'editore di Edimburgo Robert Chambers esponeva la "visione scientifica alternativa del progresso" che da tempo si annusava nell'aria. Era un testo dilettantesco rivolto al grande pubblico, nel quale veniva vividamente descritta un'evoluzione universale della materia, del cosmo, dei viventi e dell'uomo. Fu un successo editoriale senza precedenti, ma l'accademia scientifica conservatrice si scagliò contro il libro in modo veemente. Solo l'anonimato protesse l'autore e Darwin ne fu impressionato. Era il caso di guardarsi bene dal diffondere simili idee se voleva mantenere la sua reputazione nella cerchia delle società scientifiche di Sua Maestà. Gli interlocutori, peraltro, non erano tutti ben disposti come il giovane Hooker.

2. *I cirripedi e il marchio della variabilità*

Inizia così un prolungato periodo di attesa e di febbrili ricerche condotte in modo tanto pignolo da apparire a molti come un diversivo. Il clima politico instabile, le polemiche sui *Vestiges*[3], i timori per le prevedibili reazioni alla naturalizzazione della specie umana, il desiderio di accumulare altri dati lo inducono a tardare, di anni e anni. Nel frattempo gli otto trattati di teologia naturale, editi grazie al lascito del conte di Bridgewater, continuavano a essere diffusissimi. Anche il "Giornale di viaggio" di Darwin, pur all'interno delle cronache delle spedizioni del Beagle curate dal capitano Robert FitzRoy, mieteva successi e decise di ripubblicarlo autonomamente nel 1845 migliorandone lo stile e aggiungendo riferimenti che provenivano dalle osservazioni maturate dagli specialisti sui suoi reperti. Così comparvero – solo a posteriori, in quello che d'ora in poi sarà l'acclamato *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* – le dissertazioni sui fringuelli delle Galápagos e sulle differenze tra i loro becchi, nonché una fugace allusione, di nuovo, al "mistero dei misteri" della comparsa di nuove specie.

Tra gli acciacchi ricorrenti, le visite in sanatorio per l'idroterapia e le incombenze domestiche, termina un saggio sulla geologia del Sud America e intraprende lo studio dell'ultimo esemplare non ancora descritto fra i materiali del Beagle, un cirripede raccolto sulla costa del Cile nel 1835. Poi, assicura a se stesso, lavorerà su quella spinosa "questione delle specie" lasciata in sospeso. Tuttavia, il mondo di quei minuscoli crostacei marini, per alcuni aspetti simili a molluschi, si rivelerà così affascinante, e rassicurante, da occupare quasi dieci anni di "ricerca pura"[4]. Si mette a studiare le loro strutture diversificate, i gusci e le appendici filamentose, gli stadi di sviluppo, il parossistico dimorfismo sessuale, le abitudini alimentari e riproduttive, il riutilizzo di organi per nuove funzioni, gli esemplari fossili e attuali. Ne classifica a migliaia provenienti da ogni parte

---

3 La decima edizione dei *Vestiges*, del 1853, verrà poi citata da Darwin, pur criticamente, nel compendio storico di OdS: "la funzione molto utile che ha svolto in questo paese è stata quella di aver richiamato l'attenzione sull'argomento, di aver rimosso certi pregiudizi, e preparato così il terreno alla comprensione di idee analoghe" (p. 72).

4 In una lettera a John S. Henslow del 1848 scrive: "Io credo che esista, e lo sento dentro di me, un istinto della verità, o della conoscenza o della scoperta, qualcosa che ha la stessa natura dell'istinto della virtù, e che l'avere un simile istinto sia motivo sufficiente per condurre ricerche scientifiche senza che ne venga *mai* un risultato pratico" (1 aprile 1848).

del pianeta e diviene in alcuni anni la massima autorità mondiale in fatto di cirripedi. Aveva rimuginato troppa teoria generale sulle specie, ora voleva una monografia minuziosa: la descrizione completa e definitiva di una piccola porzione di natura, anche se da ciò non fosse derivato alcun risultato pratico.

La sottoclasse di crostacei si rivelò, del tutto imprevedibilmente, come un autentico scrigno di bizzarrie e di diversità, con maschi parassiti delle femmine, specie ermafrodite e un'intera gamma di comportamenti e di strutture sessuali che dall'ermafroditismo giungevano alla divisione completa in due sessi definiti. Una "trasmutazione", circa il ruolo dei sessi, osservata in fieri. Da questo microcosmo di stranezze Darwin intuisce che la variazione in natura è permeante, continua e ampiamente sottostimata.

È soltanto grazie a uno studio così analitico e a tappeto che le diversità individuali – non soltanto quindi fra specie diverse, ma anche all'interno di ogni popolazione – gli appaiono ora chiaramente come il combustibile indispensabile del cambiamento, la materia prima di base su cui agisce la selezione naturale. In questo modo Darwin scuote un altro pilastro del pensiero convenzionale all'epoca, secondo il quale la diversità andava misurata a livello di "tipi" di specie o di "generi naturali", intesi come modelli ideali, archetipici e sostanzialmente immutabili. Secondo questa visione essenzialista, la variazione a livello più basso fra individui (evidenza innegabile anche prima di Darwin) era intesa negativamente come la manifestazione imperfetta dell'essenza più alta della specie, lo scarto dalla norma, la deviazione dallo standard. Esplorando le pullulanti diversità dei cirripedi a ogni livello, Darwin capisce che la variazione individuale è al contrario, e positivamente, il presupposto delle trasformazioni delle specie. Non c'è un organismo uguale all'altro, ed è proprio questo che conta.

Per le stesse ragioni si accorge che la distinzione fra "specie" e "varietà" interne alle specie è ambigua: le popolazioni che presentano variazioni locali potrebbero essere l'inizio di un processo di divergenza che condurrà a una nuova specie, e il confine fra le due entità non è sempre netto. Trovare quindi le linee di demarcazione tra due specie è spesso difficile. L'uniformitarismo alla Lyell, indotto dalla gradualità di azione della selezione naturale, acquisisce un'importanza crescente nella filosofia darwiniana e diventa una forma di continuismo forte che non prevede salti né discontinuità, tanto nel tempo quanto nello spazio: le variazioni emergono a tutti i livelli e complicano il mestiere del sistematico. Darwin sente così il bisogno di formulare un principio integrativo più generale che renda con-

to delle diversificazioni a ventaglio delle specie. Occasionali isolamenti geografici non gli bastano più.

Risale probabilmente al 1850 il viaggio in carrozza durante il quale Darwin sostiene di aver avuto l'illuminazione cruciale riguardante la relazione fra la selezione naturale e la differenziazione arboriforme delle linee evolutive: gli esseri organici derivanti da uno stesso insieme ancestrale, se dominanti, avranno la tendenza a crescere di numero e a divergere nelle loro caratteristiche adattative nel corso dell'evoluzione, poiché saranno portati a occupare nicchie diverse dell'ambiente e a differenziare le loro abitudini, come in un processo di specializzazione e di divisione del lavoro nell'economia della natura. La separazione fisica delle popolazioni non è più indispensabile, perché in contesti ecologici sempre tendenzialmente affollati e pieni le specie saranno indotte a competere fra loro, a frammentarsi o a estinguersi, in ragione della sola selezione naturale fra individui. È il "principio di divergenza" al quale il naturalista d'ora in poi assegnerà un grande valore teorico[5], perché è convinto che gli permetta di legare la struttura gerarchizzata della tassonomia biologica al cuore esplicativo della selezione naturale.

Lo scritto teorico sulle specie, che decide di intitolare *Natural Selection*, viene nel frattempo continuamente rimandato. Nei primi anni cinquanta del XIX secolo lo scenario culturale inglese stava cambiando. Autorevoli teologi sfidavano le letture conservatrici dei testi sacri, giovani naturalisti riformatori erano in ascesa e le idee trasformazioniste sul progresso vittoriano della natura e della società erano sempre più nell'aria tra i liberali borghesi, per opera soprattutto dello storico Henry Buckle, del filosofo lamarckiano Herbert Spencer (è già del 1852 il suo libro *L'ipotesi dello sviluppo*) e di un irruente zoologo di nome Thomas Henry Huxley. Darwin ricevette nel 1853 la Royal Medal e terminò i quattro volumi progettati (due sui cirripedi peduncolati, fossili e viventi, e due su tutti gli altri), ancora oggi un punto di riferimento per gli specialisti. Finalmente nel maggio 1856, incoraggiato da Lyell, avvia la stesura di *Natural Selection*, interrotta da occasionali diatribe sull'esistenza o meno di continenti sommersi. Sentiva di possedere adesso l'autorevolezza sufficiente e di avere attorno un clima sociale e scientifico più favorevole.

5 "Non riesco a capire come abbia potuto non vederlo e non trovarne la soluzione: era l'uovo di Colombo. Mi riferisco alla tendenza degli organismi discendenti da uno stesso ceppo a divergere nei loro caratteri, quando si modificano", *Autobiografia*, ed. it. cit. p. 102.

3. Un'accelerazione non voluta

Ripartì dall'*Essay* del 1844 e lo divise in capitoli: animali domestici e selezione artificiale; fecondità e sterilità; variazione; lotta per l'esistenza; selezione naturale; etc. Ma il dono della sintesi gli mancava, come lamenta più volte nelle lettere del periodo, e ben presto l'opera dilaga in centinaia di pagine di esempi e divagazioni. Si sta imbarcando in un'opera monumentale, come i *Principles of Geology* di Lyell che tanto lo aveva impressionato durante il viaggio del Beagle. Tornò a frequentare mostre agricole e zootecniche, mentre a Down House allestiva il suo amato allevamento di colombi. Intensificò gli esperimenti di ibridazione sulle piante. Voleva vedere sul nascere il materiale grezzo di cui si nutre la selezione, cioè la variabilità indefinita e spontanea degli individui biologici. Nello stesso maggio del 1856 si avvertì però il primo scricchiolio che preannunciava un'accelerazione drammatica e inaspettata.

Lyell, che seguiva le ricerche di Darwin con interesse ma anche con una certa trepidazione per le loro conseguenze sulla degradazione del posto dell'uomo nella natura, lesse sugli "Annals and Magazine of Natural History" uno strano articolo sulla "introduzione di nuove specie" scritto da Alfred Russel Wallace, un intraprendente naturalista esploratore che si guadagnava da vivere raccogliendo e vendendo esemplari rari. Nel testo si parlava di nascita delle specie, di trasformazione delle razze in specie, di "albero" genealogico. Lyell si preoccupò del fatto che le scoperte di Darwin, da così lungo tempo coltivate, venissero anticipate da altri, ma questi finse tranquillità giudicando l'articolo privo di novità significative.

Non solo, Wallace si trovava nel Borneo e Darwin, smanioso di informazioni supplementari, iniziò a intrattenere con il collega più giovane una garbata corrispondenza, chiedendogli l'invio di uccelli imbalsamati. In una lettera del 22 dicembre 1857, Darwin ammette che il collega ha seguito ragionamenti analoghi ai suoi, ma tiene anche a precisare – con affilata cortesia vittoriana e un capolavoro di messaggi impliciti – che lui ci stava lavorando "più o meno da vent'anni" e che comunque si era spinto "molto oltre"[6]. È curioso notare quanto la teoria dell'evoluzione nasca fra naturalisti interessati agli arcipelaghi: la dimensione dell'isola, dalle Galápagos alla Sonda, le è congeniale. Nel settembre del 1857 Darwin aveva inviato

[6] Si veda: C. Darwin, *L'origine delle specie. Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 - Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, traduzione di I. Blum, a cura di T. Pievani.

al botanico di Harvard Asa Gray una sintesi dei suoi risultati e un estratto di *Natural Selection*. Sul finire dell'anno è fermo al capitolo sull'ibridismo. Dalle estremità dell'impero Wallace chiede notizie dell'opera, ma Darwin non si sbilancia, anzi incoraggia il collega a formulare le sue interessanti teorie.

Wallace non si lasciò pregare e nel febbraio del 1858, bloccato da una febbre tropicale sull'isola di Ternate, scrisse una sintesi delle sue idee sulla differenziazione delle specie. Il pacco arrivò a Down House il 18 giugno e per Darwin fu un duro colpo. I timori di Lyell si erano avverati. Nelle venti cartelle di Wallace c'era un modello di evoluzione quasi identico al suo: "Se Wallace avesse avuto il mio abbozzo manoscritto, redatto nel 1842, non avrebbe potuto farne un riassunto migliore!", scrive sconsolato a Lyell. Anche Wallace si era ispirato a Malthus, introduceva la lotta per l'esistenza, associava la variazione alla selezione, e queste alla divergenza progressiva delle specie. Qualche differenza rispetto all'impianto darwiniano si nota, ma la coincidenza, persino negli esempi scelti, resta impressionante, uno dei casi più eclatanti di congiunzione fra due processi di scoperta paralleli e indipendenti.

Darwin è avvilito all'idea che ora qualcuno possa pensare che l'uscita della sua opera sia stata accelerata per rivendicare la priorità su Wallace. Lo spiega a Lyell in una lettera del 25 giugno: posso dimostrare di non aver "preso nulla da Wallace" e "sarei estremamente contento di pubblicare una sintesi delle mie idee", tuttavia "non riesco a persuadermi che una simile scelta sarebbe onorevole da parte mia"[7]. Piuttosto, che sia l'altro a pubblicare per primo, annientando "tutta la mia originalità", chiede un po' teatralmente a Lyell. Questi escogita invece la soluzione più saggia, che anche Wallace approverà a posteriori, invitando i due ad annunciare congiuntamente le loro scoperte. Come sede viene prescelta la Linnean Society, dove Hooker è di casa e dove il primo di luglio è indetta una riunione straordinaria per recuperare una seduta rinviata. Il 30 giugno, trafelati, Hooker e Lyell fanno inserire all'ordine del giorno la comunicazione Darwin-Wallace.

I protagonisti non erano presenti. Wallace era nell'arcipelago malese. Darwin a casa in lutto per la perdita dell'ultimogenito Charles Waring e preoccupato per un'epidemia di scarlattina che aveva già stroncato sei bambini del villaggio. Prima che decidesse di riparare sull'isola di Wight,

---

7 La missiva del 25 giugno 1858 a Lyell è contenuta nella selezione di lettere curata da Frederick Burkhardt nel 1996, disponibile in edizione italiana: C. Darwin, *Lettere 1825-1859*, prefazione di S.J. Gould, Cortina Editore, Milano, 1999, pp. 259-260.

gli riferirono che la reazione alla lettura dell'incartamento era stata di tiepida indifferenza o di sconcerto. Fra la trentina di presenti, nessuno in sostanza si accorse della rivoluzione. Darwin si dichiara soddisfatto comunque. Meglio così, ci sarà tempo per scrivere un compendio ottimizzato di *Natural Selection*. Prima pensa a un articolo per il "Journal" della Linnean Society, poi perde il controllo della scrittura e in tredici mesi diventa un "riassunto" argomentativo di *Natural Selection*.[8] Nelle conclusioni lo definirà un volume "in forma di compendio" (*under the form of an abstract*) (p. 546). Indubbiamente uno dei riassunti più famosi della storia. L'opera della sua vita.

4. *Prende avvio il cantiere dell'*Origine delle specie

Scritto precisamente in tredici mesi e dieci giorni, di fretta, dopo l'arrivo della lettera di Wallace da Ternate, il volume presenta tuttavia una struttura accuratamente pensata da Darwin in chiave di "difesa" del suo nucleo esplicativo centrale, e già quindi collaudata in privato prima nei Taccuini, poi nello *Sketch* del 1842, quindi nell'*Essay* del 1844 e infine nei primi capitoli del "grande libro delle specie" che stava lentamente scrivendo dalla metà degli anni cinquanta. L'OdS fu dunque l'esito di un lungo dramma intellettuale e personale, cristallizzatosi in una complessa stratificazione di appunti e di testi nel corso di vent'anni[9]. L'autore, ormai cinquantenne, vi giunse dopo un'avventura umana e intellettuale piena di ostacoli, di reticenze, di incontri contingenti, di preoccupazioni e di speranze. L'opera va dunque letta nel contesto della parabola storica del processo di scoperta condotto dal grande naturalista inglese. L'archeologia delle idee darwiniane che trapela dalle pagine di OdS nelle sue sei edizioni è infatti il modo migliore per comprendere sia la retorica del volume, sia la sua logica interna e la sua metodologia.

---

8 Darwin ricostruisce l'episodio che sta alla base della rapida stesura di OdS, in modo molto corretto e trasparente, nell'Introduzione (pp. 77-78).

9 È probabile che nella stesura abbia seguito il metodo "per accrescimento" che descrive nell'*Autobiografia* a proposito di tutte le sue opere: "Nel redigere i miei libri più voluminosi dedico sempre molto tempo alla distribuzione generale della materia. Dapprima traccio uno schizzo molto rudimentale e brevissimo di due o tre pagine, poi uno più esteso di parecchie pagine, in cui una o poche parole stanno al posto di un'intera discussione o di una serie di fatti. Ciascuno di questi capitoli viene poi sviluppato e spesso trasformato, prima ch'io cominci a scrivere *in extenso*." (op. cit., p. 119).

Siamo allora giunti nel 1859, nel pieno dello sviluppo industriale e ingegneristico dell'Inghilterra vittoriana. Londra è il cuore pulsante di un impero che investe nelle tecnologie del vapore e del carbone. Alfred Tennyson decanta le ferrovie inglesi che dettano "lo squillante ritmo del cambiamento". Tra radicali dissenzienti e aristocrazie conservatrici, la società è percorsa da ardenti desideri di novità e da malcelate inquietudini. Negli uffici di Albermarle Street John Murray – editore londinese delle guide turistiche per vittoriani, ma in procinto di diventare uno dei più importanti editori scientifici dell'epoca – annuncia l'uscita del nuovo libro, lungamente atteso, del noto naturalista e geologo inglese Charles R. Darwin, dal titolo per esteso *L'origine delle specie per selezione naturale, o la conservazione delle razze favorite nella lotta per la vita*. L'edizione ha una tiratura di 1250 copie, che andranno esaurite in poche ore nonostante il prezzo non proprio alla portata di tutti: 14 scellini, all'incirca un quarto dello stipendio medio di un lavoratore dell'epoca. L'autore nel frattempo non è a casa ad attendere ansiosamente notizie, bensì nello Yorkshire per un periodo di agognate cure termali. Come se nulla fosse.

La calma apparente dissimula forse qualche inconfessabile preoccupazione. In realtà, sa che sta per scoppiare un putiferio. Amato e odiato in pari misura, quel testo personalissimo, il suo "lungo ragionamento", è in procinto di innescare una delle più accese discussioni scientifiche e filosofiche di tutti i tempi. Ma quando Darwin riceve la prima copia ostenta una serenità quasi olimpica: "Sono infinitamente compiaciuto e fiero dell'aspetto della mia creatura". "Sono lieto che lei abbia avuto la bontà di pubblicare il mio libro", scrive all'editore.

E quale bontà. La seconda edizione dell'opera appare dopo poche settimane, il 7 gennaio del 1860, stampata questa volta in ben tremila copie. Sempre austera, senza illustrazioni in copertina né all'interno (tranne un solo diagramma), nessun frontespizio decorato. Ad ogni edizione Darwin aggiungerà o correggerà qualcosa. Nel 1876, quando scrive la sua autobiografia, ne erano state vendute sedicimila copie ("che sono molte se si considera che è un libro molto difficile") ed era stata già tradotta nelle principali lingue europee, compreso il giapponese:

> *Ne è comparso anche un saggio in ebraico, in cui si dimostra che la mia teoria è contenuta nel Vecchio Testamento!* (ed. it. cit. p. 105)

Nella seconda edizione rivede lo stile di alcuni passaggi e aggiunge due riferimenti finali al "Creatore" come possibile ispiratore della prima forma di vita. Nella terza, del 1861, aggiunge un significativo "Compendio stori-

co" sul progredire delle idee sull'origine delle specie, sulle teorie trasformiste concepite prima della sua e su chi aveva dato inizio alla trattazione dell'argomento evoluzionistico in modo scientifico (a cominciare soprattutto da Buffon, Lamarck e Geoffroy Saint-Hilaire): distribuisce meriti, talvolta persino eccessivi, ai suoi precursori, compreso quel W.C. Wells che nel 1818 aveva applicato un principio simile alla selezione naturale per spiegare alcuni caratteri delle razze umane, seguito poi da un certo Patrick Matthew in un'opera sul legname da costruzioni navali. Darwin ritrova un'ombra di adattamento per selezione naturale persino in Aristotele, il padre della teleologia (Solinas, 2012), mentre a Wallace sono riservate solo quattro righe, essendo poi citato nell'introduzione come causa scatenante della pubblicazione di OdS.

Forse vuole essere generoso e corretto fino in fondo, ma nell'*Autobiografia* ha le idee chiare sul fatto che la sua teoria non fosse per nulla già "nell'aria":

> *È stato spesso detto che il successo dell'*Origine *ha dimostrato che 'l'argomento era nell'aria' o che 'le menti erano preparate a riceverlo'. Non credo che ciò sia del tutto vero, perché di tanto in tanto cercai di capire quale fosse il pensiero di molti naturalisti sul problema, e non mi capitò mai d'incontrarne uno che mettesse in dubbio la stabilità delle specie. Perfino Lyell e Hooker, che pure mi ascoltavano con interesse, non si mostrarono mai d'accordo con le mie convinzioni.* (ed. it. cit. p. 106)

Non a caso, il compendio storico gli servì anche per smontare le confuse pretese di priorità rivendicate, fuori tempo massimo, da Richard Owen. Con un candore descrittivo senz'altro studiato, spesso la presentazione delle idee dei presunti precursori è tale da evidenziare, al contrario, la loro estraneità alla teoria darwiniana.

Nella quarta edizione arricchì le parti riguardanti l'embriologia e i processi di sviluppo. Nella quinta, del 1869, si lascia convincere da Alfred Russel Wallace a usare l'espressione "sopravvivenza del più adatto" (coniata da Herbert Spencer nel 1864), per la quale diventerà famoso benché si tratti di un'espressione fuorviante (al pari di "sopravvivenza del più forte"). Nel frattempo Appleton pubblica l'edizione statunitense e cominciano a uscire le prime traduzioni straniere supervisionate per quanto possibile da Darwin stesso, non senza una certa delusione per gli inevitabili "tradimenti" delle prime traduzioni (in particolare di quella tedesca e di quella francese in chiave sciovinistico lamarckiana).

Di edizione in edizione, dinanzi alle persistenti difficoltà nel dar conto delle cause della variazione, cresce la fiducia che Darwin ripone, senz'al-

tro controvoglia e mai rinunciando alla centralità della selezione naturale, nei meccanismi lamarckiani dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti e dell'uso e disuso degli organi. Nell'*Autobiografia* si schermisce scrivendo che OdS non subì sostanziali modifiche dopo il 1859: "Nelle successive edizioni, nonostante le considerazioni aggiunte e le numerose correzioni, esso rimase sostanzialmente inalterato" (p. 104). Ma non è esattamente così, guardando le capillari modificazioni che ha introdotto. In una lettera a Hooker del 1869 confessa che OdS è in realtà un cantiere aperto: "Se mi fosse dato vivere e lavorare per altri venti anni, quanto dovrei modificare l'*Origine* e quanto profondamente dovrei correggere ogni affermazione! Intanto questo è un principio ed è già qualcosa".

La sesta e ultima edizione del 1872, quella solitamente adottata per le ristampe moderne, viene profondamente rivista da Darwin al fine di renderla più comprensibile a un pubblico vasto e integrata con un capitolo nuovo di risposte argomentate e dettagliate alle critiche raccolte nei dodici anni precedenti. Darwin, sollecitato dai lettori, aggiunge anche un glossario dei principali termini scientifici usati, con l'aiuto di W.S. Dallas. Il suo modo di prendere sul serio le obiezioni degli avversari[10] e di rispondere in forma argomentativa è esemplare del metodo scientifico. Nel capitolo finale di OdS scrive:

> *Non nego che si possano sollevare molte e serie obiezioni alla teoria della discendenza con modificazioni attraverso la variazione e la selezione naturale. Ho cercato di dare a queste tutta la loro forza.* (p. 526)

Ma ancor più forti sono le sue risposte alle obiezioni, che in alcuni casi anticipano concetti poi recuperati dalla teoria evoluzionistica neodarwiniana contemporanea. La sesta è l'ultima edizione corretta dall'autore prima della morte[11]. Viene messa in vendita finalmente a un prezzo popolare, il titolo diventa semplicemente *The Origin of Species* e farà il giro del mondo come un classico della letteratura scientifica. Il vittoriano amabile e mode-

---

10 Con una clausola restrittiva, enunciata all'inizio del capitolo settimo: è disponibile a rispondere a tutte le obiezioni, purché l'interlocutore sia in buona fede e si sia preso la briga di comprendere l'argomento (p. 265). Sulla base di questo criterio, molto ragionevole, oggi non si dovrebbe rispondere a gran parte delle presunte "obiezioni" degli antievoluzionisti.

11 Morse Peckham, in occasione del centenario, ha pubblicato un'ineguagliabile analisi frase per frase di tutte le modifiche apportate da Darwin nelle varie edizioni di OdS: M. Peckham, *The Origin of Species: A Variorum Text*, University of Philadelphia Press, Philadelphia, 1959.

sto che aveva scompaginato il posto dell'uomo nella natura assistette alle schermaglie generate dal suo tomo rivoluzionario, rilegato in cartone telato verde, standosene rinchiuso con la famiglia nella casa del Kent a trenta chilometri da Londra. Grazie alle visite di cortesia e alla fitta corrispondenza seppe comunque tenersi costantemente aggiornato. Nell'*Autobiografia*, con un pizzico di misurata nostalgia, scriverà che si è trattato "senza dubbio dell'opera più importante della mia vita". E con uno strappo all'usuale modestia: "Ha avuto fin dall'inizio un grande successo" (p. 104).

.5 *La prima grande discussione scientifica internazionale*

Eppure le premesse erano state quanto meno tormentate. In OdS è contenuta un'idea fondamentale, l'evoluzione delle specie per selezione naturale, che Darwin, abbiamo visto, aveva in mente dal settembre del 1838, da quando la tratteggia per esteso nei Taccuini della trasmutazione, compilati dopo il ritorno del *Beagle* in Inghilterra nel 1836. La teoria rimane quindi nel cassetto per ventuno anni. È già noto al di fuori della comunità scientifica per il suo diario di ricerche, quel *Viaggio di un naturalista intorno al mondo* definito "eccellente" persino da chi di viaggi era autorità suprema, Alexander von Humboldt. Tuttavia, in mezzo a questo trambusto, solo la moglie e pochi amici fidati sanno della sua idea. È consapevole di avere idee "materialistiche" piuttosto sconvenienti per l'epoca. Con un libro solo, "risoluto come non mai, mise in dubbio tutto ciò in cui i suoi contemporanei credevano sulla natura vivente" (Browne, op. cit., p. 74).

È dunque sorprendente che lo stile volutamente affabile, l'uso creativo delle metafore e la prosa suggestiva di OdS che mescola linguaggio tecnico e linguaggio comune – né saggio specialistico né libro divulgativo, con citazioni che spaziano da Aristotele all'allevatore della contea vicina, e utili sommari alla fine di ogni capitolo – si siano addensati in quelle pagine in pochissimi mesi, durante una corsa contro il tempo dopo lo shock procuratogli da un collega più giovane che si era posto gli stessi problemi, aveva letto le stesse fonti e si era dato le stesse risposte. Darwin sintetizza drasticamente i capitoli già scritti per *Natural Selection* (il cui manoscritto originale, nonostante le intenzioni più volte manifestate in tal senso, non verrà mai più pubblicato dall'autore[12]), lamentandosi per le innumerevoli evi-

12 Il testo, a cura di R.C. Stauffer, è uscito nel 1975: *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of His Big Species Book Written From 1856-1858*, ed. by R.C. Stauffer, Cambridge University Press, Cambridge (UK).

denze scientifiche accumulate negli anni che è costretto a eliminare dalla trattazione per ragioni di spazio.

Nell'Introduzione spiegherà di essersi limitato giocoforza a "esporre le conclusioni generali", illustrandole "con un numero limitato di fatti" (p. 78). OdS prende in realtà la forma di un libro corale, grazie all'efficace eterogeneità delle fonti naturalistiche citate da Darwin a riprova dei passaggi del suo ragionamento. Fa leggere le bozze alla moglie Emma, a Lyell e ad Huxley. Come titolo sceglie un involuto intreccio di parole, "Compendio di un saggio sull'origine delle specie e delle varietà attraverso la selezione naturale", che poi Murray corregge e semplifica un po', ma non troppo, togliendo "compendio", "saggio" e "varietà". Darwin consegna stremato il manoscritto il primo di ottobre del 1859 e si rifugia a Ilkley: "Sono esausto e devo riposarmi ... Idroterapia e il resto, forse tornerò ad essere un uomo".

Il "delitto" confessato a Hooker nel 1844 ora è compiuto, sotto forma di evento letterario. Per la prima volta, la storia delle specie viene descritta come un processo integralmente naturale che non ha più bisogno di cause finali né di interventi divini. La teoria rivale delle creazioni speciali viene smontata pezzo per pezzo, schiacciata sotto le evidenze contrarie e sostituita da un potente programma di ricerca scientifico in gran parte da sviluppare. Nella chiusura dell'Introduzione compare una frase così perentoria da sembrare uno sfogo troppo lungamente represso:

> *Sono fermamente convinto che le specie non sono immutabili; che, anzi, quelle che appartengono a ciò che chiamiamo gli stessi generi sono le diretti discendenti di altre specie, oggi generalmente estinte, così come quelle che riconosciamo come varietà di una qualsiasi specie sono discendenti da quella specie.* (p. 81)*

La polemica infuriò subito, con obiezioni scientifiche, filosofiche e teologiche che si accavallavano. Darwin, forse per sfida o per ingenuità, inviò le prime copie autografate anche a chi sicuramente non avrebbe apprezzato, come Louis Agassiz ad Harvard e Adam Sedgwick. La stroncatura di Richard Owen arrivò nell'aprile 1860. Si trattò, secondo Janet Browne, della "prima vera discussione scientifica internazionale della storia" (2006, ed. it. 2007, p.13): "Fu uno dei dibattiti più autenticamente pubblici sulla scienza che avessero mai interessato la società nel suo complesso" (ibid., p. 91).

L'opera ebbe una sorte particolare, perché non fu mai appannaggio esclusivo di esperti dell'ambiente scientifico: venne subito condivisa dal mondo intellettuale nel suo insieme, recando con sé risvolti culturali e filosofici più generali che furono evidenti a tutti, sostenitori e oppositori.

Huxley, da par suo, soffiò sul fuoco e si fece persecutore della "darwinofobia", come la chiamava. Persino la regina Vittoria sentì parlare del sovvertimento darwiniano di antiche gerarchie di scimmie e di angeli. Non si fecero attendere i primi racconti, un po' esagerati, di celebri "duelli" fra evoluzionisti e creazionisti. Vi furono conflitti aspri con la "vecchia guardia" degli Owen e dei Sedgwick, ma a parte alcuni scontri proverbiali – i cui resoconti sono stati forse un po' mitizzati – con illustri ecclesiastici come il vescovo di Oxford Samuel Wilberforce il 30 giugno del 1860, in occasione del trentesimo convegno della British Association for the Advancement of Science, le idee di Darwin circa il fatto dell'evoluzione furono ampiamente accettate dalla comunità scientifica e penetrarono rapidamente nella società inglese. Più incerte fortune ebbe invece, nei decenni successivi, l'impianto esplicativo di Darwin, in particolare la selezione naturale.

A dispetto dei luoghi comuni, l'opposizione religiosa non si concentrò se non marginalmente sulla presunta minaccia al valore di verità letterale delle Sacre Scritture, bensì sul carattere radicalmente anti-finalistico della spiegazione darwiniana e sul suo naturalismo integrale, non molto diversamente da quanto accade oggi: "Il fondamentalismo biblico riguarda soprattutto noi moderni, non i vittoriani. Per costoro, la vera sfida del darwinismo era nel fatto che trasformava la vita in un caos amorale, privo di un'autorità divina e di qualunque fine o disegno" (Browne, 2006, ed. it. cit. p. 92).

Con il senno di poi, il "clan dei dieci" difensori della nuova visione evoluzionistica – in testa Huxley, il botanico Joseph Hooker, Herbert Spencer e il fisico irlandese John Tyndall – fu più agguerrito e meglio organizzato degli oppositori. Con le loro opere seppero promuovere una vera e propria politica culturale ed educativa in difesa della rivoluzione darwiniana. Non meno preziosa fu l'opera di mediatori, credenti, come Lyell in madrepatria e Asa Gray negli Stati Uniti. Prima di morire, Darwin fece in tempo ad assistere alle interpretazioni (non sempre benevole) della sua opera da parte di grandi personaggi dell'epoca, da John Stuart Mill a Karl Marx, dal linguista Friedrich Max Müller ad Alfred Tennyson, dall'acido Samuel Butler (con il quale ebbe una dura controversia nel 1880), agli entusiasti magnati dell'industria americana John D. Rockfeller e Andrew Carnegie.

Lo scrittore Osip Mandel'štam nel 1932, a cinquant'anni dalla morte di Darwin, così descriveva il particolare stile di scrittura e di argomentazione del naturalista inglese, comparandolo al contemporaneo Dickens e a talune forme musicali: "Se dovessimo paragonare *Sull'origine delle specie* a un'opera musicale, non è una sonata, né una sinfonia con i crescendo, con i suoi movimenti rallentati e tempestosi, ma piuttosto una *suite*. Brevi capitoli autonomi. L'energia dell'argomentazione si scarica in 'quanti', in fasci.

Accumulo e resa, inspirazione ed espirazione, flussi e riflussi" (da *Viaggio in Armenia*, Adelphi, 1988, p. 147). Nulla meglio di questa nota sul "bel tempo scientifico di Darwin", sul suo "raggruppare il dissimile, il contrastante, il diversamente colorato" – sull'evoluzione come in fondo essa stessa *suite*, successione e variazione sul tema – può descrivere meglio lo stile peculiare del volume che ha reso Darwin un'icona della scienza nella società vittoriana.

Il suo "quotidiano della natura", il suo diario di viaggio fisico e mentale, è come "un giornale che ferve di vita e di fatti": impregnato dello spirito industriale vittoriano, "la bandiera mercantile della flotta britannica sventola sulle pagine dei suoi lavori scientifici" (ibid., p. 142). Il tono conciliante e persuasivo, lo stile gradevole e accogliente misero in crisi molti critici, costretti a riconoscere la sua onestà intellettuale e la sua meticolosità. "Se vogliamo definire la tonalità del discorso scientifico di Darwin" – prosegue Mandel'štam – "la definizione migliore sarà quella di *conversazione scientifica*. Non è la solita lezione accademica, e neanche un corso monografico. Immaginate un dotto giardiniere che accompagni gli ospiti per la sua tenuta e dia loro spiegazioni fermandosi tra le aiuole" (p. 146). È tempo dunque di imboccare i sentieri dell'invitante giardino darwiniano e di lasciarci accompagnare nell'edificio del suo pensiero.

II

VARIAZIONE E SELEZIONE: IL NOCCIOLO DELLA TEORIA DARWINIANA

Eliminando le note a piè di pagina e tralasciando di citare tutte le fonti (pur rammaricandosi in più punti di non avere spazio a sufficienza per spiegare tutto), Darwin sceglie per la sua "conversazione scientifica" uno stile incisivo e suggestivo, non senza qualche involuzione di subordinate in alcuni passaggi e una punteggiatura talvolta incerta. Organizza l'opera sostanzialmente in tre parti, seguendo come abbiamo visto una struttura teorica collaudata da tempo nei suoi appunti. Per comprenderla occorre immedesimarsi nelle metodologie dell'epoca. Una mole di evidenze eterogenee suggerisce che "le specie non sono state create indipendentemente l'una dall'altra, ma sono derivate, come varietà, da altre specie" (p. 78). Ma questa conclusione, aggiunge Darwin, non può essere considerata soddisfacente se non si mostra "in che modo le innumerevoli specie che abitano questa terra si siano modificate" (ibid.). Serve, insomma, una spiegazione causale. Non basta l'evoluzione come fatto, ci vuole un'indagine sui meccanismi che la producono.

Darwin non possiede al suo tempo esperimenti cruciali per mostrare l'evoluzione per selezione naturale in atto. Non dispone di equazioni matematiche né di quantificazioni precise. Deve fare ricorso ad altri strumenti per innalzare la sua architettura esplicativa: alla mole di dati osservativi diretti, al ragionamento inferenziale, all'analogia, alla convergenza di prove, alla probabilità, all'opposizione con la teoria di sfondo degli atti di creazione indipendenti (che in molte occasioni confuta mostrando le conseguenze assurde alle quali porterebbe – per esempi di *reductio ad absurdum*: p. 464, p. 493), agli esperimenti mentali e, come vedremo, anche ad alcune predizioni cruciali. Era dunque necessaria soprattutto una struttura argomentativa efficace e persuasiva: una coerente, prolungata e accurata dissertazione.

1. *Perché Darwin scrisse* L'origine delle specie *alla rovescia?*

A differenza di come probabilmente noi organizzeremmo oggi un lavoro scientifico di questo tipo (prima l'*explanandum* e poi il meccanismo causale sotteso), ed evitando accuratamente la scelta già percorsa prima da Chambers e poi da Spencer di presentare l'evoluzione come un grande racconto di progresso biologico, sociale e cosmologico, il naturalista inglese decise di presentare prima analiticamente il nocciolo esplicativo della sua teoria e poi in ordine sparso i fenomeni che ne derivavano (fatta eccezione per la discendenza comune della specie umana). In questo modo egli sottolineò fin dall'inizio che la selezione naturale doveva essere un processo necessario date certe circostanze (le variazioni ereditabili e la lotta per l'esistenza) e che la trasmutazione delle specie nella discendenza comune (già osservata da molti prima di lui, compreso il nonno Erasmus in *Zoonomia* del 1794-1796) doveva essere intesa solo alla luce di quel meccanismo. Un compito non banale.

Selezione naturale e discendenza comune, i due concetti centrali della teoria darwiniana, sono infatti logicamente distinti: è possibile concepire una schiera di specie legate da una discendenza comune, senza che ciò implichi logicamente, di per sé, che si siano evolute per selezione naturale; viceversa, un insieme di specie evolutesi per selezione naturale non necessariamente hanno un antenato comune (Sober, 2011). La mossa darwiniana in OdS consiste precisamente nell'impegno di mostrare, attraverso l'evidenza osservativa, l'intreccio indissolubile fra questi due concetti. Deve quindi valutare bene l'ordine causale e la sequenza retorica del suo ragionamento.

Per farlo inverte la logica dell'argomentazione usata per illustrare la scoperta scientifica emersa inconsapevolmente nei Taccuini, un dettaglio assente nella pur accurata analisi di Elliott Sober nel saggio "Did Darwin write the *Origin* backwards?" (2011). In quei testi giovanili osserviamo il processo di ricerca mentre avviene, in presa diretta, privatamente, attraverso la sequenza: descrizione (l'albero della vita) – spiegazione (la selezione naturale) – predizione (gradualismo e altri pattern). Gli manca però un nesso causale forte tra discendenza comune e selezione naturale. In OdS Darwin si rivolge invece al pubblico dei colleghi e ai lettori. Inoltre, è convinto di aver trovato il ponte fra le due componenti della sua teoria. Dopo vent'anni di ricerche, adesso deve convincere tutti. Fa dunque sia una scelta retorica, invertendo spiegazione e descrizione, sia una scelta di strutturazione logica della teoria, con un nocciolo esplicativo centrale e una cintura

flessibile di descrizioni e predizioni che costituiscono la base empirica del programma di ricerca darwiniano.

Subito la novità teorica, insomma, poi la difesa dalle obiezioni, e infine la panoplia di evidenze che la corroborano: non una massa di fatti prima e poi un'ipotesi esplicativa fra tante altre. Persino all'interno della terza parte, i fatti comprovanti la discendenza comune sono presentati negli ultimi capitoli lasciando alla fine quelli ritenuti più importanti, cioè le evidenze morfologiche ed embriologiche (capitolo quattordicesimo). I fatti salienti, quindi, quelli che tutti si attendono di leggere subito, sono in coda, alla rovescia. Darwin cita sì la discendenza comune nell'introduzione e nel primo capitolo (a proposito di piccioni), ma la priorità spetta alla selezione naturale. L'ordine delle evidenze vedrebbe per prima la discendenza comune, ma l'ordine causale vede per prima la selezione: "il libro è nel giusto ordine causale, ma sul piano delle evidenze è scritto alla rovescia" (Sober, 2011, p. 44). Era successo il contrario nei Taccuini, con le evidenze accumulate per prime nel 1837 e il meccanismo causale aggiunto successivamente nel 1838. Come testimonia la scelta dell'epigramma iniziale di William Whewell, Darwin in OdS punta ora alla delineazione delle "leggi generali" della storia della vita, proprio come i geologi stavano trovando i patterns di trasformazione della superficie terrestre nel tempo profondo del pianeta. Egli elenca questi schemi generali o leggi nell'ultimo capoverso dell'opera:

> *Queste leggi, prese nel loro più ampio significato, sono la legge della crescita con riproduzione; l'ereditarietà che è quasi implicita nella riproduzione; la variabilità per azione diretta e indiretta delle condizioni di vita, e dell'uso e del disuso; il ritmo di accrescimento così elevato da condurre a una lotta per l'esistenza, e conseguentemente alla selezione naturale, che comporta la divergenza dei caratteri e l'estinzione delle forme meno equipaggiate. Così, dalla guerra della natura, dalla carestia e dalla morte, direttamente deriva il più alto risultato che si possa concepire, cioè la produzione degli animali superiori.* (p. 554)*

Darwin mira dunque intenzionalmente, dopo vent'anni di ruminazioni e almeno due prove speciali in privato (lo *Sketch* del 1842 e l'*Essay* del 1844, dove la struttura è in entrambi già invertita), alla costruzione di un unico lungo ragionamento complessivo. "Questo intero volume è una sola, lunga argomentazione" (*this whole volume is one long argument*) è il celebre incipit del capitolo conclusivo (p. 526), dove riassume prima le obiezioni e le difficoltà (pp. 527-533) e poi i capisaldi della sua teoria (pp. 527-544).

Così facendo, sembra voler scongiurare un'evenienza puntuale: che il lettore possa sì accettare l'evoluzione come un insieme di dati di fatto, ma

non la sua spiegazione causale centrale, cioè la selezione naturale, che, ricordiamo, doveva essere il titolo iconico del suo "grande libro delle specie". La preoccupazione era fondata, tanto che molti commentatori scissero in effetti la parte descrittiva del "lungo ragionamento" darwiniano da quella esplicativa, pensando di poter accogliere favorevolmente le evidenze inoppugnabili circa la discendenza comune di tutti i viventi pur rifiutando o mettendo in discussione il meccanismo causale proposto da Darwin, cioè la selezione naturale. Il destino eccentrico dell'eredità darwiniana (accolta subito per quanto concerne la parte descrittiva, mentre si dovrà attendere gli anni trenta del Novecento per corroborare la parte esplicativa grazie alla genetica delle popolazioni) trova quindi le sue ragioni nel cuore della struttura logica stessa della teoria e nella non completa persuasività del nesso tra selezione naturale e discendenza comune, che Darwin individuò nel principio gradualistico di divergenza.

Inoltre, Darwin è alle prese con un problema epistemologico che già si era affacciato nei Taccuini giovanili: trovare una metodologia scientifica che fosse in grado di trattare dati storici relativi a sequenze di eventi del passato, per loro natura frammentari e soprattutto irripetibili. La deduzione di leggi e di cause che hanno agito in epoche lontane può essere condotta sia direttamente sul record fossile (che però per Darwin è imperfetto e ancora inaffidabile) sia indirettamente estrapolandola da osservazioni sugli organismi moderni, ma in questo secondo caso occorre postulare l'invariabilità e l'uniformità dei meccanismi evolutivi operanti tanto nel passato quanto nel presente: da qui l'adesione forte all'uniformitarismo di Charles Lyell. La deduzione storica richiede anche altro: la messa in ordine di differenti configurazioni di fenomeni attuali, intese come fasi sequenziali di un unico processo storico; la "confluenza di induzioni" (o "consilience" di Whewell) a partire da evidenze eterogenee ma coordinate per corroborare una spiegazione causale; l'analisi di indizi discordanti e imperfetti (come i tratti vestigiali) che sono il segno di una storia passata. Ma non basta ancora: Darwin può essere considerato a pieno titolo il fondatore della "scienza della storia naturale" (secondo la nota espressione di Stephen J. Gould – 2002) proprio perché antepone a questi dati comparativi eterogenei la proposta di un meccanismo esplicativo centrale e unificante.

Quest'ultimo deve però fondarsi, a sua volta, su dati puramente osservativi: la variabilità allo stato domestico, la variabilità in natura, l'unicità individuale, l'ereditarietà della variazione. Notiamo quindi in OdS un'alternanza di generalizzazioni induttive e di leggi teoriche generali (come la lotta per l'esistenza e poi la selezione naturale, che per inciso sono due pattern non coincidenti, essendo il primo il contesto di realizzazione del se-

condo). Una prima fase induttiva ascendente (primo e secondo capitolo) lo porta al nocciolo esplicativo della teoria (lotta per l'esistenza e selezione, capitoli terzo e quarto). Poi difende il suo nucleo apicale e le sue conseguenze (il gradualismo) da possibili attacchi, sui temi dell'ereditarietà e della lacunosità delle evidenze fossili. Quindi in fase discendente torna ai copiosi dati osservativi interdisciplinari e li spiega grazie al suo processo esplicativo unificante. Può quindi capitare la stranezza di avere prima il capitolo sulla "imperfezione della documentazione geologica" (il decimo, al termine della terza parte) e poi quello sulla documentazione geologica stessa (l'undicesimo, il primo della terza parte). Infine nelle conclusioni tira le fila, rinnova la sua considerazione per le obiezioni ricevute ("ho così tanto avvertito per molti anni il peso di queste difficoltà che non posso dubitare della loro importanza", p. 532*), le considera tutto sommato insufficienti per distruggere la sua teoria e riprende per sommi capi le "leggi generali" della storia della vita, con il riferimento finale al grande quadro della discendenza comune da uno o pochi progenitori iniziali. Da questa peculiare miscela di prudente metodologia ipotetico-deduttiva e di proclamate generalizzazioni induttive nasce la struttura tripartita del suo programma di ricerca scientifico.

2. *Una prorompente diversità*

"Come derivano le specie le une dalle altre? E come hanno raggiunto quella perfezione di struttura e di coadattamento che giustamente suscita la nostra ammirazione?" (p. 78). Affidarsi soltanto alle condizioni esterne, all'abitudine o alla volontà degli animali è "insensato" (*preposterous*). Per avere "una chiara visione dei mezzi della modificazione e del coadattamento" bisogna partire dallo studio degli animali domestici e delle piante coltivate, solitamente trascurato dai naturalisti (p. 79), osservando così la grande quantità di modificazioni ereditarie che insorgono sia allo stato domestico sia allo stato di natura. Solo in tal modo si potrà poi apprezzare il potere dell'accumulo successivo "di tante piccole variazioni" mediante un'azione selettiva.

Il primo capitolo è dedicato quindi alla variazione di animali e piante allo stato domestico, che è generalmente maggiore rispetto alla variazione allo stato di natura (p. 82). Si comincia quindi con il modello esplicativo della selezione artificiale, messo a punto da anni tra questionari per allevatori, esperimenti casalinghi e corrispondenze internazionali. Il dato osservativo primario è che la variabilità è permeante e si gioca a livello indivi-

duale: anche a parità di condizioni esterne, non si trovano mai due piante o due animali addomesticati che siano identici l'uno all'altro. Questa "variabilità indefinita" individuale (p. 83) è un'evidenza sotto gli occhi di tutti gli inglesi dell'epoca, non solo di allevatori e orticoltori abituati a sfruttare le variazioni per selezionare i loro ceppi favoriti. Dunque il modello della selezione artificiale possiede anche un valore comunicativo.

Questo brulicare di piccole variazioni di generazione in generazione – causate da fattori esterni di disturbo sull'apparato riproduttore, ma soprattutto dalla natura interna dell'organismo – fa sì che le popolazioni animali e vegetali siano plastiche rispetto alle strategie di riproduzione messe in opera consciamente dagli allevatori, dagli agricoltori, dai giardinieri e dagli orticoltori[1], o anche non intenzionalmente dai proprietari di animali domestici. La variazione può anche essere "correlata", cioè dipendente da interferenze e associazioni tra parti diverse (a causa delle "misteriose leggi della correlazione", p. 87) dell'organismo singolo, che Darwin intende chiaramente come un'organizzazione complessiva e integrata, non come una somma di tratti distinti.

È ammissibile, in particolare nelle piante, che alcune variazioni utili si siano manifestate talvolta tutte in un colpo, già pronte (ed è interessante che Darwin non escluda questa possibilità), ma nella stragrande maggioranza dei casi la variabilità si manifesta con piccole modificazioni che si accumulano nel tempo sotto l'effetto costante e paziente della selezione artificiale:

> *La chiave del problema sta nel potere dell'uomo di operare una selezione cumulativa: la natura fornisce variazioni successive, e l'uomo le somma l'una all'altra nelle direzioni che gli sono utili. In questo senso si può dire che egli si è fabbricato le razze che gli sono vantaggiose. Il grande potere di questo principio di selezione non è ipotetico.* (p. 101)*

Le varietà domestiche sono dunque adattate non al proprio benessere, ma "al vantaggio e al capriccio dell'uomo" (p. 101). Con queste conoscenze esperienziali, selezionando opportunamente gli incroci e scegliendo i soggetti preferiti per la riproduzione, si poteva plasmare il piumaggio dei colombi quasi a piacimento. Per queste pratiche millenarie (già note a cinesi, greci e latini, e utilizzate anche dagli odierni popoli selvaggi – p. 104) ci vogliono perseveranza, colpo d'occhio e sicurezza di giudizio, doti che

1 "L'organizzazione nel suo insieme sembra essere diventata plastica, e tende a differenziarsi leggermente da quella del tipo parentale" (p. 87)*.

nemmeno un uomo su mille possiede (p. 102). Più è alto il grado di variabilità, dalle pecore alle fragole, maggiore sarà il potere selettivo dell'uomo. Queste trasformazioni direzionate sono lente ma si accumulano da tempi antichissimi, tanto che "la nostra ignoranza sulle origini e sulla storia dei nostri animali domestici è assai grande" (p. 108).

L'allevamento di colombi, già praticato in famiglia, fu una delle attività preferite di Darwin nei quindici anni che precedettero la pubblicazione di OdS, il suo "amore di sempre" a Down House. Seguendo i consigli di un esperto allevatore, William Tegetmeier, e partecipando alle riunioni dei club di appassionati applicò a questi animali i più diversi, e talvolta stravaganti, esperimenti di incrocio (favoriti dal fatto che i colombi "possono fare coppia tutta la vita", p. 110), cercando di capire le modalità di trasmissione di caratteri come il piumaggio scuro o chiaro. Divenne uno dei massimi esperti internazionali della spumeggiante diversità di questi animali. Osservò la continua ricomparsa di variazioni e di reversioni, cioè il ritorno di alcuni esemplari selezionati al loro tipo ancestrale. Notò che era quasi impossibile formare razze distinte mediante l'incrocio fra individui di due razze diverse già selezionate, perché gli ibridi dopo qualche generazione diventano tutti diversi fra loro. Insieme agli esperimenti botanici nella serra e ai pluriennali studi sui cirripedi, i colombi domestici offrirono a Darwin un modello di variazione ed ereditarietà, oltre che di discendenza comune "da un unico ceppo selvatico" (p. 91), il che vale anche per cavalli, polli, anatre e conigli[2]. Tutto varia, in queste razze, fino al punto di diversificarsi in sottospecie geografiche, eppure discendono dalla stessa forma ancestrale, una tesi alla quale in OdS sono dedicate molte pagine del primo capitolo.

L'unità di discendenza (che poi Darwin applicherà anche alle razze umane) e il processo selettivo si affacciano quindi fin da subito come i due pi-

---

[2] Darwin è più in difficoltà con le razze di cani, a suo avviso forse discendenti da specie originariamente distinte, per quanto ancora tutte interfeconde (p. 345). Conclude che "per la maggior parte delle piante o animali da più tempo addomesticati, non è possibile decidere se essi discendano da una o più specie selvatiche" (p. 91). Tuttavia, cerca in ogni modo di indebolire le ipotesi poligeniste o pluraliste (spinte "fino all'assurdo da alcuni autori", p. 92), sminuendo per esempio l'argomento dell'antichità delle razze basato sui resti archeologici egizi (evidentemente, ribatte, è esistito "un lungo periodo precedente di civiltà meno avanzato" e "l'uomo primitivo esisteva già in un periodo straordinariamente remoto", p. 91). Così facendo, intende portare acqua al mulino della sua tesi monogenista riguardo alla discendenza comune di tutte le razze umane (Desmond, Moore, 2009). Oggi sappiamo, grazie alla genetica, che aveva ragione e che anche le razze canine hanno avuto un unico progenitore nel lupo grigio mediorientale.

lastri della teoria darwiniana. L'arma retorica e argomentativa è ben affilata. Se si accetta la genealogia comune delle razze è ben difficile negare poi che, allo stato naturale, le specie discendano le une dalle altre:

> *Quei naturalisti che, pur sapendo molto meno degli allevatori sulle leggi dell'ereditarietà e non sapendone di più sui legami intermedi che connettono tra loro le lunghe serie genealogiche, ammettono tuttavia che molte delle nostre razze domestiche sono discese dagli stessi progenitori, non potrebbero imparare una lezione di cautela, quando deridono l'idea che le specie allo stato naturale possano discendere in linea diretta da altre specie?* (p. 100)*

Il dato osservativo successivo è che almeno una parte di questa variazione (che non ha limiti intrinseci) è ereditaria, nel senso che si trasmette di generazione in generazione, altrimenti il lavoro degli allevatori, senza cumulatività, verrebbe vanificato ogni volta. Darwin è ben consapevole di non conoscere le cause né dell'emergere delle variazioni individuali né della loro ereditarietà ("le leggi che governano l'ereditarietà sono pressoché sconosciute", p. 88), ed è forse per questo che sommerge il lettore di casistiche sterminate in questa prima parte. Con un "eccesso di realtà fattuali" (Browne, op. cit. p. 77) vuole mostrare che se anche non ne conosciamo i meccanismi la variazione è un dato osservativo inoppugnabile: "l'ereditarietà delle caratteristiche buone e cattive è così evidente" (p. 104).

La variabilità è il motore del cambiamento, anche se i suoi meccanismi interni appaiono infinitamente complessi a Darwin:

> *La maggiore o minore forza dell'ereditarietà e della reversione decide se le variazioni sono destinate a persistere. La variabilità è regolata da molte leggi sconosciute, la più importante delle quali è forse quella della correlazione della crescita (*correlation of growth*). Una certa influenza, non sappiamo quanta, può essere attribuita a effetti conseguenti dalle condizioni di vita. Un certo effetto, forse grande, può essere attribuito all'accresciuto uso e disuso delle parti. Il risultato finale diviene così infinitamente complesso* (p. 112)*.

Si noti qui l'importanza attribuita da Darwin intuitivamente alle correlazioni di crescita, che oggi sono studiate dagli esperti di biologia evoluzionistica dello sviluppo e sono ritenute cruciali per capire le maggiori innovazioni evolutive. Ma l'incertezza circa l'ereditarietà lo porta a recuperare il principio lamarckiano dell'uso e del disuso, aggiungendo nella sesta edizione quel "forse grande" riferito all'effetto di questo processo[3]. Nonostan-

[3] Poco dopo, all'inizio del capitolo secondo, Darwin non esclude che una modificazione dovuta direttamente alle condizioni esterne, acquisita durante il ciclo di vita

le tutti questi tentennamenti sugli influssi delle condizioni di vita e sulla ereditarietà dei loro effetti, ciò che conta per lui è che la variazione ereditaria esista, che la si possa osservare non soltanto nel passato ma anche nel presente, e che funzioni in modo cumulativo, con le sue regolarità e le sue stranezze (anche se allora non si sapeva perché). Anzi, sarebbe bene "considerare l'ereditarietà di tutti i caratteri come la regola, e la mancata ereditarietà di essi come l'eccezione" (p. 88). Al di sopra di questo magma di variazione ereditaria si erge il fattore principale del cambiamento evolutivo:

> *L'azione cumulativa della selezione sembra avere una forza prevalente su tutte queste cause di cambiamento, sia quando viene esercitata metodicamente e rapidamente, sia quando viene esercitata inconsapevolmente e lentamente, ma con maggiore efficacia.* (p. 112)*

Da qui l'esigenza di un secondo capitolo (che nella corrispondenza privata definisce "breve e arido", un giudizio condiviso da molti commentatori) interamente dedicato alla variazione allo stato selvatico, il quale mostra la rispondenza fra il modello artificiale e la realtà concreta della variazione in natura, tanto esuberante nei suoi cirripedi e in ogni ambito del vivente da rendere incerta e arbitraria la definizione di "specie": ne esistono varie definizioni, ma nessuna soddisfa pienamente i naturalisti, "anche se ogni naturalista sa, più o meno, che cosa intende quando parla di specie" (p. 113). Un commento, questo, che potrebbe benissimo stare in una trattazione contemporanea del mai risolto problema delle definizioni dell'"oggetto-specie". Il carattere continuativo del cambiamento evolutivo, dove tutto sfuma gradatamente in qualcosa d'altro, rende infatti difficile la delimitazione di entità discrete.

3. *La "specie": una mera convenzione*

Anche allo stato domestico le varietà e le "mostruosità" aberranti sono per Darwin difficili da definire. Inutile andare alla ricerca di modificazioni improvvise, su larga scala e miracolose per render conto della complessità degli organismi. I mostri sono deviazioni notevoli e improvvise della struttura con scarse possibilità di sopravvivenza e di riproduzione. Nella terza

di un organismo, possa essere trasmessa ereditariamente, "almeno per alcune generazioni" (p. 113).

edizione, rovesciando l'argomento centrale della teologia naturale e dall'argomento del disegno, aggiunge questa frase:

> *Quasi tutte le parti degli esseri organici sono così meravigliosamente in relazione con le loro complesse condizioni di vita, che appare improbabile che ciascuna di esse possa essersi improvvisamente prodotta già nella sua forma perfetta, così come non appare probabile che una macchina complessa possa essere inventata dall'uomo già in un perfetto stato.* (p. 114)*

La selezione artificiale viene posta davanti a tutto, in OdS, perché rappresenta l'esperimento in condizioni controllate del meccanismo centrale della graduale evoluzione darwiniana. È il contesto nel quale il processo di selezione può essere osservato direttamente, mentre agisce e produce strutture complesse. Ma la selezione artificiale è anche il modello di partenza: se essa riesce a ottenere certi cambiamenti nel lasso di tempo umano degli allevatori, per estrapolazione potremo comprendere di quali trasformazioni sarà capace un meccanismo analogo operante sui tempi lunghissimi della storia naturale. La selezione naturale viene quindi inferita da quella artificiale. In entrambi i casi il combustibile è dato dalle "piccole differenze individuali", che sono della massima importanza perché costituiscono il materiale (*materials*) su cui agiscono i processi selettivi:

> *Si possono chiamare differenze individuali quelle piccole differenze che compaiono nei discendenti dai medesimi genitori, o che si possano presumere tali perché appartengono alla stessa specie e convivono in una stessa e circoscritta località. Nessuno pensa che tutti gli individui della stessa specie siano proprio usciti dallo stesso stampo. Queste differenze individuali assumono per noi la massima importanza perché sono spesso ereditarie, come tutti sapranno, e perché forniscono il materiale su cui la selezione può agire, accumulandole; proprio allo stesso modo con cui l'uomo accumula, in una determinata direzione, le differenze individuali nelle sue produzioni domestiche.* (p. 114)*

Negli organismi esistono anche differenze macroscopiche di struttura indipendenti dalla variazione (come fra i due sessi, fra le varie caste di femmine sterili o operaie negli insetti, fra gli stadi immaturi o larvali – p. 116), ma è la variazione individuale a permettere in ultima analisi la gradazione delle varianti anche all'interno delle specie dimorfiche o polimorfiche. Attraverso l'estrapolazione uniformitarista dalla selezione artificiale, Darwin ha così descritto il propellente necessario per far girare il motore della selezione naturale, rovesciando diametralmente i presupposti dell'essenzialismo biologico allora prevalente e inaugurando quello che Ernst Mayr definì "pensiero popolazionale" (1963): un approccio al mondo biologico non

più per "essenze" o "tipi" senza tempo, ma basato sulla diversità di singoli organismi all'interno di popolazioni in divenire. La variazione individuale smette di essere la deviazione da una norma standard, un'aberrazione passeggera, oppure una malformazione in parti marginali della struttura (p. 115), e diventa al contrario il fattore centrale della realtà naturale, il combustibile di ogni cambiamento. "Piccole differenze individuali": è la svolta popolazionale.

Questa impostazione ha una conseguenza rilevante sul piano dell'ontologia biologica. La variazione individuale è così onnipresente e cumulativa da rendere sfumate le distinzioni fra varietà e specie. La nozione di queste ultime come "tipi ideali" viene quindi abbandonata a favore di una definizione meramente convenzionale delle specie come etichette provvisorie e arbitrarie per nominare "gruppi di individui molto somiglianti fra loro". Non c'è insomma soluzione di continuità tra varianti individuali, popolazioni divergenti, sottospecie e specie incipienti: si tratta di un continuum processuale senza interruzioni e senza salti. Sorprendentemente la distinzione tra varietà e specie finisce per diventare in ultima analisi arbitraria:

> *Da queste osservazioni risulta che io considero il termine di specie come applicato arbitrariamente, per ragioni di convenienza, a gruppi di individui molto somiglianti fra loro, e che esso non differisce sostanzialmente dal termine varietà, il quale è riferito a forme meno distinte e più variabili. Anche il termine di varietà, rispetto alle semplici differenze individuali, è applicato arbitrariamente e per ragioni di comodità.* (p. 123)*

In prima approssimazione, dunque, le specie "non sono altro che varietà fortemente marcate e permanenti" (p. 126)*. In questa visione continuista delle entità biologiche, sono proprio le numerose specie dubbie, quelle molto simili ad altre forme oppure "strettamente legate ad esse da gradazioni intermedie" (p. 117), le più interessanti da analizzare per l'evoluzionista, perché permettono di fotografare in fieri i caratteri intermedi, cioè a dire il processo di trasformazione mentre sta avvenendo[4]. La classificazione come specie o come varietà sarà congetturale, soprattutto se le forme intermedie sono nel frattempo estinte: "non esiste un criterio infallibile per distinguere le specie dalle varietà" (p. 127). Bisogna ricorrere all'esperienza sul campo del naturalista, a giudizi (approssimati per analogia) sull'insieme delle differenze tra due popolazioni, e in definitiva al

4 Poco oltre Darwin usa un'espressione metaforica significativa per definire il processo di nascita delle specie: "the manufactory of species", precisando "if we may use the expression" (p. 126).

consenso dei più: nell'incertezza, "la decisione sia presa a maggioranza dai naturalisti" (p. 117). È una rivoluzione metodologica per i sistematici, scriverà nelle conclusioni, perché finalmente "ci saremo liberati dalla vana ricerca dell'essenza, non scoperta e non scopribile, del termine specie" (p. 550).

La "vana ricerca dell'essenza": in questa espressione si incentra un pilastro fondamentale della rivoluzione darwiniana. Anche Wallace era dello stesso avviso e aveva individuato quattro gradazioni sfumate (forme variabili, forme locali caratteristiche, razze geografiche o sottospecie, specie rappresentative) da valutare caso per caso senza un criterio oggettivo (p. 118). La scoperta di forme intermedie, la distanza geografica, la stabilità delle variazioni divergenti e la difficoltà di incrocio sono indizi importanti ma non sufficienti, perché Darwin vede in essi comunque una gradazione continua di "legami intermedi" (*intermediate links*) e molte eccezioni, soprattutto nel mondo delle piante (p. 119)[5]. Perfino chi ha esaminato in ogni dettaglio casi specifici – come Alphonse de Candolle per le querce – si è dovuto arrendere alla sfumata ed evasiva delimitazione delle specie (p. 121). Anzi, più si approfondisce lo studio di un settore del mondo naturale e più il concetto sembra svanire. E più una specie appartiene a un genere grande, più assomiglierà a una varietà (p. 127).

Notiamo così un paradosso cruciale nella teoria, poiché il titolo (*The Origin of Species*) utilizza una categoria, la specie, che Darwin mette profondamente in discussione, negandole una specifica realtà biologica discreta (come invece aveva fatto nei Taccuini) in virtù del suo pensiero po-

5 È interessante notare che oggi, pur avendo a disposizione una nozione discreta dell'oggetto-specie (cioè la "definizione biologica di specie" come insieme di popolazioni riproduttivamente chiuso, proposta da Ernst Mayr), i problemi di continuità sollevati da Darwin stanno tornando alla ribalta. La definizione biologica di specie incontra infatti numerose eccezioni nel mondo animale e si rivela fortemente inadeguata per piante e microrganismi, al punto che è stata avanzata una pluralità di definizioni, talvolta complementari, di che cosa sia una "specie" (Coyne, Orr, 2004). Le "specie ad anello" sono un esempio molto elegante di come una successione di varietà geografiche interfeconde possa tradursi, ai due estremi dell'anello, in una impossibilità di incrocio tra le due popolazioni apicali. Fra queste ultime esiste o non esiste una barriera riproduttiva che le caratterizzi come specie distinte? Questione insolubile, perché in una direzione dell'anello la barriera esiste, nell'altra direzione no. Similmente, sulla scorta delle osservazioni di Wallace sulle farfalle dell'arcipelago malese, Darwin notò nella quarta edizione di OdS che due forme, che sembrano chiaramente una coppia di specie distinte in una certa isola, in un'altra isola possono essere connesse da una serie continuativa di varietà interfeconde (p. 116). Ciò che ci appare oggi discreto è in realtà il frutto di un processo continuativo.

polazionale anti-essenzialista e del suo gradualismo stretto. Il problema infatti è che le disinvolte attribuzioni dello statuto di "specie" erano tipiche dei sostenitori delle creazioni speciali: "Il termine di specie diventa in questo caso una pura e inutile astrazione, che implica ed afferma un atto separato di creazione" (p. 120, frase aggiunta nella terza edizione). La continuità del cambiamento e "l'estrema generalità del principio della variazione" (p. 122) conducono quindi Darwin a una definizione meramente convenzionale delle "specie".

Nel passaggio senza soluzioni di continuità tra differenze individuali, piccole varietà, sottospecie e specie, "le differenze si fondono l'una nell'altra (*blend into each other*) per gradi insensibili (*in an insensible series*); e l'osservazione di una serie suggerisce l'idea di una trasformazione reale (*an actual passage*)" (p. 122). Grazie all'azione cumulativa della selezione naturale (di nuovo anticipata qui prima della sua trattazione nel capitolo quarto), tutto comincia con le differenze individuali e poi di passo in passo, un grado di differenza dopo l'altro, si arriva alle varietà ben distinte, che sono a tutti gli effetti "specie nascenti" o specie potenziali in via di formazione (p. 123). Queste relazioni tra varietà e specie sarebbero del tutto inesplicabili se si considerassero "le specie come il risultato di creazioni indipendenti" (p. 129): è sempre presente, sullo sfondo, la teoria rivale.

Naturalmente, un concetto vago e una definizione imprecisa non implicano che l'oggetto della discussione non esista: tutti le categorie scalari (come ricco/povero, calvo/capelluto, basso/alto, varietà/specie) presentano un simile problema, ma non per questo diciamo che non esistono individui calvi o ricchi. Quindi è ovvio che le specie individuali esistono in natura per Darwin (Sloan, 2009), tuttavia quello di "specie" non è il concetto centrale di Ods, nonostante il titolo. Come ha notato acutamente Elliott Sober, il problema del "mistero dei misteri", cioè l'origine delle specie, viene da Darwin non risolto, ma in un certo qual modo "dissolto", perché viene tolto un confine preciso all'oggetto di cui dobbiamo spiegare le origini (Sober, 2011). Sarebbe stato meglio intitolare il libro, secondo Sober, "l'origine della *diversità* per mezzo della selezione naturale" (ibid., p. 16), ammesso e non concesso che vi sia in filosofia della biologia un accordo più stringente (rispetto a "specie") sui concetti di "origine" e di "diversità".

Quanto alle cause di questa variazione fine e omnipervasiva, la congettura darwiniana – da prendere come tale, poi ripresa con maggiore estensione nel capitolo quinto – è che il sistema riproduttivo sia "altamente sensibile ai cambiamenti nelle condizioni di vita" (p. 84): in pratica, prima che avvenga l'unione, gli "elementi sessuali" di maschi e femmine verrebbero disturbati da influenze esterne accidentali e ciò determinerebbe la "condi-

zione variabile o plastica che si riscontra nella prole". Non conoscendo l'esistenza del materiale genetico, è una discreta intuizione osservativa circa l'inesattezza della riproduzione. Qualunque siano le leggi della variazione – Darwin aggiunge poi il principio lamarckiano dell'uso e del disuso (p. 86), le correlazioni di sviluppo, l'azione diretta delle condizioni esterne – ciò che conta è che a ogni generazione nella prole emergano piccole variazioni "casuali", altro termine foriero di fraintendimenti.

Darwin usa infatti il concetto di "caso", associato alle variazioni, in un modo esplicito e in un modo implicito. La prima accezione, più ristretta, è di tipo epistemologico: definiamo le variazioni "casuali", scrive Darwin all'inizio del capitolo quinto, perché non conosciamo le cause della comparsa di ciascuna nuova variante in una popolazione (p. 197). Il caso (*chance*, che definisce "espressione scorretta") è insomma soltanto una misura della nostra ignoranza (o indifferenza) circa le cause dell'insorgenza della diversità individuale. Ma le variazioni in Darwin sono "casuali" anche nel senso più generale, e squisitamente anti-lamarckiano, che esse non compaiono negli organismi in virtù degli effetti, positivi o negativi, che avranno sui loro portatori. E questo è per lui un dato di fatto osservativo. Le variazioni non emergono perché utili, emergono e basta, presentandosi come un materiale grezzo di costruzione che poi viene plasmato di volta in volta dalla selezione naturale, secondo la felice metafora (introdotta in *Variazione delle piante e degli animali allo stato domestico*, del 1868) dell'architetto che costruisce un edificio utilizzando le pietre, di forma casuale, trovate ai piedi di un precipizio.

Quali che siano le accezioni di "caso" adottate, Darwin è molto preciso nel ribadire che il "mero caso" (*mere chance*, p. 173) da solo non può spiegare il cambiamento in natura. La "mera accumulazione casuale di variazioni simili per molte successive generazioni" (p. 174) non è sufficiente. Occorre un principio di cernita della variabilità, di successo differenziale di una parte della variazione ereditaria. Dunque nella sfera della casualità darwiniana rientra la materia prima del processo evolutivo, che è senz'altro indispensabile ma non coincide con la totalità del processo. È dunque scorretto affermare che per Darwin l'evoluzione avviene per puro caso.

4. *La grande battaglia della vita*

Abbiamo dunque acquisito inizialmente un dato osservativo analiticamente consolidato: la permeanza della variazione individuale ereditaria nelle popolazioni biologiche. Ora serve il contesto ecologico, instabile, se-

vero: la lotta per l'esistenza (*struggle for existence*), descritta nel terzo capitolo, quello malthusiano (p. 133). Come si passa infatti dalla variabilità individuale alla bellezza degli adattamenti di cui è piena la natura?

> *Come si sono perfezionati* (perfected) *tutti gli squisiti adattamenti* (exquisite adaptations) *di una parte dell'organismo a un'altra, e alle condizioni di vita, e i rapporti di un organismo vivente con un altro? Il picchio e il vischio ci offrono gli esempi più chiari di questi bei co-adattamenti, e altri esempi, forse un po' meno chiari, ci sono offerti dal più umile parassita che si insedia nel pelo di un quadrupede o nelle penne di un uccello; dalla struttura del coleottero che si tuffa nell'acqua; dal seme alato che viene trasportato dalla brezza più leggera; insomma, troviamo begli adattamenti dovunque e in ogni parte del mondo organico.* (p. 130)*

Il tono sembra quasi degno di un William Paley, ma l'imminente rovesciamento della spiegazione sarà piuttosto brusco. Come si sviluppano questi mirabili adattamenti e come si differenziano le specie? (il duplice *explanandum* darwiniano che ritorna). Attraverso la "lotta per la vita" (*struggle for life*)[6]. Non ci sono risorse né spazio per tutti: nascono troppi figli a causa della costante fecondità naturale. Le popolazioni biologiche, se lasciate a se stesse (Darwin immagina i casi della specie umana, di una pianta e degli elefanti), finirebbero per saturare ogni ambiente a causa della "rapida progressione con cui tutti gli esseri viventi tendono a moltiplicarsi" (p. 132): la fecondità naturale è tendenzialmente una iper-fecondità (talvolta promossa proprio dall'evoluzione come strategia riproduttiva)[7]. Il collasso per saturazione tuttavia non avviene quasi mai[8] perché esistono limiti invalicabili di sostenibilità e processi di equilibrio che, pur fra conti-

---

6 Darwin si ripromette in OdS di trattare più estesamente in un futuro lavoro, come merita, l'argomento della lotta per la vita (p. 131). In realtà non dedicherà alcun saggio specifico al tema negli anni seguenti.

7 Darwin distingue le due principali strategie riproduttive, dalle quali non dipende però il numero medio degli individui di una specie (p. 135). La prima strategia è quella di produrre e di disseminare una grande quantità di semi o di uova, per poi non occuparsene più e contare sulla sopravvivenza di alcuni. La seconda strategia è quella di produrre pochissimi semi o uova, ma di investire molte energie nella loro protezione. La prima è utile, nota Darwin, quando le risorse oscillano molto, in condizioni difficili.

8 Darwin cita come esempi di progressione geometrica i successi di specie animali e vegetali portate dai colonizzatori, che trovano condizioni di vita particolarmente favorevoli e invadono rapidamente il nuovo ambiente, a danno delle specie autoctone (p. 134). Ancora oggi queste "specie invasive" sono una delle principali cause di drastica riduzione della biodiversità in molte regioni del globo.

nue fluttuazioni, impediscono l'esplosione numerica delle popolazioni. I freni malthusiani sono dati dalla competizione di specie nemiche (soprattutto a danno degli individui giovani), dalla predazione, dalla disponibilità di nutrimento, dal clima e in particolare dalla "periodica ricorrenza di stagioni molto fredde o molto secche" (p. 137), dalle epidemie (cioè dalla "lotta fra il parassita e la sua vittima", p. 138).

La dottrina di Malthus sulla progressione geometrica delle popolazioni quindi si applica "con molta maggiore forza all'intero regno animale e vegetale" perché non possono esserci soluzioni di ingegneria sociale per aggirarla (aumento artificiale di cibo, controllo delle nascite, e così via) (p. 133). In natura il meccanismo è inevitabile: nascono più individui di quanti ne possano sopravvivere, quindi "deve necessariamente esistere una lotta per l'esistenza" (ibid.).

> *Non va mai dimenticato che ogni essere vivente tende sempre al massimo accrescimento numerico; che ognuno vive in virtù di una lotta sostenuta in qualche periodo della sua vita; che gravi distruzioni colpiscono inevitabilmente giovani e vecchi, sia durante ogni generazione, sia a intervalli periodici. Se uno di questi freni si allenta, se la distruzione si attenua, anche per poco, il numero degli individui della specie si accrescerà senza misura, quasi istantaneamente.* (p. 135)

Qui Darwin introduce la celebre metafora dei cunei, ma solo nella prima edizione (dalla seconda in poi la toglie):

> *La faccia della natura può essere paragonata a quella di una superficie pieghevole, con diecimila cunei affilati ammassati l'uno vicino all'altro e conficcati dentro da colpi incessanti, con un cuneo che ogni tanto viene colpito, e allora un altro viene spinto con maggior forza.*

La natura tende alla saturazione e ciò produce secondo Darwin competizione. Inoltre, le variazioni fra individui (dato osservativo già consolidato) determinano capacità di sopravvivenza differenziali, da cui discendono tassi di riproduzione differenti. Lievi variazioni vantaggiose comparse casualmente, se ereditabili, hanno più probabilità di diffondersi nella popolazione grazie al successo riproduttivo dei loro portatori, che si ritrovano leggermente meglio adattati al variare delle circostanze ambientali. Se la cavano meglio nelle incombenze della sopravvivenza (mimetizzandosi nei confronti delle prede, sfuggendo ai predatori, trovando più cibo e acqua, eccetera) e hanno più probabilità di raggiungere l'età riproduttiva e di accoppiarsi. Se i discendenti ereditano i tratti che hanno favorito una migliore sopravvivenza dei genitori, la popolazione subirà una graduale trasfor-

mazione. È dunque un processo che avviene anche tra specie diverse ma principalmente all'interno di ciascuna specie, in condizioni di permanente penuria di risorse rispetto alla tendenza naturale di ogni popolazione ad accrescersi in progressione geometrica.

Nel suo argomento malthusiano Darwin ha unito tre concetti fondamentali: variazione omnipervasiva; ereditarietà dei tratti favorevoli; permanente scarsità di risorse e lotta per la sopravvivenza. Il risultato è che alcuni caratteri cambiano la loro frequenza nella popolazione a causa dell'influenza che hanno avuto sull'adattamento degli organismi:

> *In virtù di questa lotta per la vita, le variazioni, per lievi ch'esse siano e da qualsiasi causa provengano, purché siano utili in qualche modo agli individui di una specie nei loro rapporti infinitamente complessi con gli altri organismi e con le condizioni fisiche della vita, tendono alla conservazione di questi individui, e a trasmettersi ai loro discendenti. Anche questi ultimi avranno così maggiori probabilità di sopravvivere, perché, tra i molti individui che nascono periodicamente da ogni specie, soltanto un piccolo numero può sopravvivere.* (p. 131)

Quindi l'evoluzione non è il risultato di un rapporto diretto tra l'organismo e il suo ambiente, come in Lamarck. Il clima rigido non fortifica direttamente i sopravvissuti, ma fa sì che sopravvivano gli individui portatori di caratteristiche che li rendono più resistenti. Il meccanismo che genera il cambiamento è dato in primo luogo dalle relazioni tra organismo e organismo (le più importanti, anche rispetto alle condizioni ambientali – p. 542), con riferimento alle risorse non infinite offerte da un ambiente comune, e in secondo luogo dalla presenza o meno di specie rivali. Non importa se le variazioni sono lievi e per quale causa siano insorte: la catena causale che porta alla variazione incontra la catena causale che attribuisce a questa variazione un effetto utile per il suo portatore, nella trama di relazioni "infinitamente complesse" che legano gli organismi tra loro e con le condizioni ambientali. Il risultato non è una certezza di sopravvivenza, ma una maggiore o minore probabilità di riprodursi. Per analogia con la selezione operata dall'uomo, Darwin chiama questo meccanismo "selezione naturale", anche se, aggiunge nella quinta edizione di OdS, "l'espressione spesso usata da Herbert Spencer, 'sopravvivenza del più adatto' (*Survival of the Fittest*), è più accurata e talvolta è egualmente conveniente" (p. 131)*. Dunque l'espressione per la quale Darwin è universalmente noto, "sopravvivenza del più adatto", non è farina del suo sacco e compare in OdS solo nella quinta edizione del 1869.

Ora Darwin adotta metafore gladiatorie come "la grande battaglia della vita", descrivendo uno scenario di lotte mortali, di massacri, di guerre tra

specie per moltiplicarsi e per prevalere. La selezione naturale "è una forza sempre pronta all'azione, incommensurabilmente superiore ai deboli sforzi dell'uomo, così come le opere della Natura sono superiori a quelle dell'Arte" (p. 131)*. Ogni essere vivente è cibo per qualcun altro. La competizione è ovunque, tanto nella foresta lussureggiante quanto nel deserto. Se il numero di individui di una specie diminuisce troppo, le risorse non permettono una ripresa e aumentano gli incroci tra individui strettamente imparentati: l'estinzione è dietro l'angolo. Sembra riecheggiare i poemi più cupi di Alfred Tennyson. Dietro "il volto della natura splendente di felicità" (p. 131) si nascondono distruzione, spreco e carestia.

Perché quando si abbatte una foresta in America la vegetazione che ricresce nel primo periodo successivo è così diversa? A cosa si devono i tipi e il numero di organismi che ripopolano una ripa rigogliosa (*entangled bank*)? Non certo a ciò che chiamiamo "caso" (*chance*). Una foresta vergine è figlia di una lotta "perpetuata nel corso di lunghi secoli fra le diverse e numerose specie di piante" (p. 142). E poi:

> *Quale guerra tra insetto e insetto, tra insetti, lumache e altri animali contro gli uccelli e gli animali da preda! Tutti tendenti a moltiplicarsi, tutti divorantisi a vicenda o traendo alimento dagli alberi, dai loro semi e germogli e dalle altre piante che prima rivestivano quel terreno, ostacolando in tal modo lo sviluppo degli alberi!* (p. 142)

Lotta e dipendenza convivono nelle ambivalenze della natura. Talvolta si manifestano tra individui molto lontani tra loro, come una locusta e un mammifero erbivoro, nota Darwin (p. 142). Ma la lotta più cruenta è quella che si realizza tra individui o tra varietà della stessa specie, perché sfruttano le stesse risorse, hanno gli stessi nemici, vivono nelle stesse regioni: in sintesi, "occupano quasi lo stesso posto nell'economia della natura" (p. 143). *Economy of nature* è un'espressione prediletta da Darwin. Il competitore più insidioso è quello che ti sta accanto e se tra due varietà molto simili una delle due prende il sopravvento, anche leggermente, per l'altra il declino demografico prelude all'estinzione. Eppure, il naturalista inglese usa la famigerata espressione "sopravvivenza del più forte" soltanto in forma indiretta e metaforica alla fine del capitolo ottavo, quando scrive che la legge generale dell'evoluzione produce il cambiamento dei viventi, la loro variazione e moltiplicazione, ma anche la vita del più forte e la scomparsa del più debole (*let the strongest live and the weakest die*, p. 338, fin dalla prima edizione).

Al termine di un capitolo pieno di lotta, Darwin sente l'obbligo di offrire al lettore una consolazione:

> *Quando riflettiamo su questa lotta, possiamo consolarci con la piena convinzione che la guerra della natura non è incessante, che la paura è sconosciuta, che la morte è in genere rapida, e che gli individui vigorosi, sani e felici sono quelli che sopravvivono e si moltiplicano.* (p. 145)*

5. *"Legati da una trama di relazioni complesse": l'evoluzione è ecologia*

Queste tinte fosche hanno affascinato molti lettori di Darwin. È bene però sottolineare che la lotta per l'esistenza non è sinonimo di selezione naturale tout court: è piuttosto il contesto ambientale e demografico che garantisce le condizioni di possibilità per la selezione. Poi servono anche la variazione, l'ereditarietà, le relazioni tra varietà e specie. L'argomento malthusiano non è in relazione con la discendenza comune (non ci dice chi è più o meno imparentato con chi) e non spiega quali tratti specifici si siano evoluti per selezione, perché e quando. Offre soltanto lo scenario di sfondo entro il quale il dramma di svolge. Sarà poi il processo selettivo a decretare la trasformazione di una popolazione, o la sua estinzione, o la sua divergenza nei caratteri.

Per questo Darwin tenne a precisare che "lotta per l'esistenza" era da intendersi "in un senso lato e metaforico" (p. 132), giacché non implica necessariamente una "guerra" in senso antropomorfico, bensì "la reciproca dipendenza degli esseri viventi" e le rispettive capacità di vivere bene e di lasciare discendenza in un regime di competizione biotica (con altre specie) e abiotica (in habitat difficili). Dunque "lotta per l'esistenza" ha un'accezione estesa, che include a sua volta diversi significati. È un concetto "ecologico" (prendendo a prestito un termine che Darwin non conosceva e che verrà introdotto da Haeckel anni dopo). Per intenderci, è "lotta" per la sopravvivenza anche quella di una pianta solitaria che "combatte" la sua battaglia contro la siccità ai margini del deserto. Si lotta tra individui all'interno di una popolazione per accaparrarsi il cibo, sopravvivere e riprodursi, ma si lotta anche tra individui di specie diverse, tra gruppi, tra specie affini in competizione, tra individui e condizioni fisiche esterne.

Si tratta dunque di un contesto ampio di relazioni e di interdipendenze (una "rete di rapporti complessi", di "relazioni reciproche fra i vari esseri viventi" che spesso restano ancora oscure), non sempre di una sanguinosa arena gladiatoria. Quale che sia l'effetto di una variazione anche lieve, ciò

che conta non è "essere il migliore" o "il più adatto" in assoluto, ma avere "maggiore probabilità di sopravvivere e di essere, in tal modo, naturalmente selezionato" (p. 80). Notiamo così l'impianto intrinsecamente ecologico e probabilistico della spiegazione darwiniana, che viene illustrato attraverso alcuni splendidi esempi del capitolo terzo, raramente riportati nel dibattito sull'eredità darwiniana.

Darwin descrive con grande lucidità ciò che noi oggi definiamo un "ecosistema", un insieme di vincoli e di relazioni: "Molti casi mostrano quanto siano complessi e imprevisti (*complex and unexpected*) i controlli e i rapporti tra gli esseri viventi che devono lottare insieme in uno stesso paese" (p. 139)*. L'introduzione di una sola specie di alberi, gli abeti di Scozia, in terreni cintati, produce nello Staffordshire due nicchie ecologiche completamente diverse, con molte più specie di piante, di insetti e di uccelli insettivori dove crescono gli abeti e le mandrie non possono accedere (ibid.). Le catene di relazioni ecologiche sono ancora più intricate nel caso del bestiame in Paraguay: bovini ed equini non tornano allo stato selvatico a causa di una mosca che infetta i loro cuccioli allo stato brado; ma la presenza della mosca è ostacolata da altri insetti parassiti, che a loro volta sono cacciati da certi uccelli insettivori; pertanto, se il numero di uccelli diminuisce (per esempio a causa della caccia), il risultato sarà una maggiore probabilità che il bestiame torni allo stato selvaggio (meno uccelli, uguale più insetti antagonisti delle mosche, e dunque più bestiame rinselvatichito); ma se un maggior numero di bovini ed equini torna libero, la vegetazione ne risentirà, con essa varierà anche il numero degli insetti, e di conseguenza dei loro predatori, gli uccelli. E così via, "abbiamo cominciato questa serie con gli uccelli insettivori e abbiamo finito con loro" (p. 140)*.

Piante e animali, anche lontanissimi fra loro, sono "legati insieme da una trama di relazioni complesse" (*bound together by a web of complex relations*) (p. 141). Può succedere per esempio che la presenza di un felino determini la frequenza di certi fiori. Alcune specie di piante (la viola del pensiero e il trifoglio violetto) devono la loro sopravvivenza alla presenza di insetti specifici, i bombi, la cui visita è necessaria per il trasporto del polline e, quindi, per la fecondazione. Altri insetti, pur simili ai bombi, non possono svolgere la stessa funzione per quelle specie vegetali, a causa della loro forma e del loro peso rispetto alla struttura dei fiori di quei vegetali. È una danza meravigliosa di co-adattamenti estremamente specializzati. Ma i bombi sono cacciati dalle arvicole, e queste a loro volta dai gatti. Pertanto, più gatti significa meno arvicole, più bombi e dunque più piante: "Perciò è verosimile che la presenza in gran numero di un felino possa de-

determinare in una regione la frequenza di certi fiori, mediante l'intervento in primo luogo dei topi e poi delle api!" (p. 141).

Che cosa tiene insieme il felino, il bombo e il trifoglio violetto? Una rete di relazioni ecologiche. La natura si regge su equilibri instabili, su bilanciamenti di forze ed eventi contingenti:

> *La lotta entro la lotta è un fenomeno sempre ricorrente e con esito variabile; tuttavia, nel corso del tempo le forze finiscono con il bilanciarsi così bene che il volto della natura si mantiene uniforme per lunghi periodi, benché sia indubitabile che la circostanza più insignificante potrebbe assicurare la vittoria di un organismo su di un altro.* (p. 140)*

L'estinzione di una specie non è dovuta al caso, o a cataclismi, o a leggi che determinano la durata intrinseca di vita di una specie, bensì a rapporti ecologici e a contingenze che spesso ignoriamo:

> *La nostra ignoranza, però, è così profonda, e così grande è la nostra presunzione che ci meravigliamo quando sentiamo parlare dell'estinzione di una forma organica e, non ravvisandone la causa, pensiamo a cataclismi distruttori del mondo e inventiamo leggi sulla durata delle forme viventi!* (ibid.)*

La soluzione di questi problemi non è equiparabile a quella di un sistema fisico descritto da equazioni, tale è "la nostra ignoranza circa i reciproci rapporti che esistono fra tutti gli esseri viventi, convinzione che è tanto necessaria quanto difficile da acquisire" (p. 145):

> *Se lanciamo in aria una manciata di piume, tutte ricadranno al suolo obbedendo a leggi definite; ma quanto è semplice il problema della loro caduta se confrontato con quello delle azioni e delle reazioni delle innumerevoli piante e degli animali che nel volgere dei secoli hanno determinato i numeri in proporzione e le tipologie degli alberi che ora crescono sulle antiche rovine indiane!* (p. 142)*

Tanto è vero, ammette Darwin, che "forse in nessun caso saprei dire con precisione perché una specie abbia riportato la vittoria su un'altra nella grande battaglia per la vita" (p. 143). La distinzione epistemologica con le scienze fisico-matematiche tornerà in altri esempi cari a Darwin. Ciò che conta, per il momento, è notare la forte accentuazione ecologica della sua proposta teorica, che da un lato smitizza l'immagine di un Darwin assertore della guerra generalizzata tra i viventi e dall'altro rivaluta l'ambivalenza tra competizione e dipendenza, tra lotta per le risorse e cooperazione, in una rete intricata di relazioni tra fattori biotici e abiotici. Dalla lotta per l'e-

sistenza discende, in ultima istanza, "un corollario della massima importanza" che riguarda anche i singoli caratteri delle specie:

> *La struttura di ogni essere organico è correlata, nel modo più essenziale ma anche spesso difficile a scoprirsi, con quella di tutti gli altri esseri viventi con i quali viene a trovarsi in competizione o per il cibo o per la dimora, o con quella degli esseri da cui deve difendersi o di quelli che sono sua preda.* (p. 144)*

È da questa trama di relazioni ecologiche che nasce la celebre immagine della "ripa lussureggiante" (*tangled bank*) della chiusa di OdS:

> *È interessante contemplare una ripa lussureggiante, rivestita da molte piante di vari tipi, con uccelli che cantano nei cespugli, con vari insetti che ronzano intorno, e con vermi che strisciano nel terreno umido, e pensare che tutte queste forme costruite in modo così elaborato, così differenti l'una dall'altra, e dipendenti l'una dall'altra in maniera così complessa, sono state prodotte da leggi che agiscono intorno a noi.* (p. 553)*

Il mondo di Darwin è un mondo di relazioni, concorrenziali o di interdipendenza, plasmate dal tempo. Nell'artiglio di una tigre, come nella zampa di un coleottero o in un seme alato, sono scritte storie sedimentatesi per migliaia di generazioni.

6. *Un sottotitolo fuorviante*

In tale contesto, non è ben chiaro perché Darwin abbia allora accettato il sottotitolo proposto in fase di revisione dall'editore Murray: "la conservazione delle razze favorite nella lotta per la sopravvivenza". Molti hanno cercato strumentalmente in questa espressione il "lato oscuro" dell'evoluzione darwiniana, la possibile giustificazione storica e scientifica di atrocità su base razziale ed etnica. In realtà la teoria discussa da Darwin in OdS è ben lontana da un'idea di guerra tra "razze". La competizione è prevalentemente tra individui singoli, non tra gruppi. Ancor meno essenziale è che questi gruppi siano "razze" o non piuttosto tribù e famiglie. Circa le "razze umane" in particolare, Darwin ha parecchi dubbi persino sulla loro oggettiva esistenza, dato che gli studiosi le hanno classificate nei modi più diversi, e considera il termine troppo vago. A p. 108, paragona la razza al "dialetto di una lingua". Per il resto, le razze umane in OdS sono citate raramente e incidentalmente, come casi aggiuntivi, per esempio alla fine del capitolo dodicesimo a proposito di gruppi umani molto isolati in zone montuose (p. 458).

L'unico esempio di lotta fra "razze" è riportato, molto più estesamente in *L'origine dell'uomo* che in OdS, a proposito del divario tra le nazioni europee civilizzate e i popoli delle altre parti del mondo: una concessione allo spirito imperiale dell'Inghilterra vittoriana, che stride peraltro con le convinzioni di Darwin circa l'unità universale del genere umano. Il desiderio di mettersi in sintonia con il clima dell'epoca forse spiega la scelta editoriale del sottotitolo (tutti a quel tempo parlavano di razze e varietà, umane e domestiche), ma non certo i contenuti scientifici dell'opera.

Accusare OdS di essere un'istigazione alla legittimazione del razzismo scientifico è dunque quanto di più fuorviante si possa sostenere sul piano storico e filosofico. Darwin lottò per tutta la vita contro l'istituzione della schiavitù e contro la discriminazione su base razziale. Mentre formulava le sue idee evoluzionistiche, discuteva per lo più di abolizione della tratta degli schiavi, della buona impressione avuta dagli amici di colore, delle infami crudeltà perpetrate dai padroni, dei governi corrotti che le tolleravano, di chi giustificava questa brutalità invocando l'origine distinta delle "razze" o addirittura delle "specie" umane, e soprattutto delle campagne di finanziamento e di sensibilizzazione – insieme alle agguerrite sorelle e alle cugine Wedgwood – affinché la Gran Bretagna si emancipasse da questi traffici proclamando l'uguaglianza e la libertà di tutti gli esseri umani (Desmond, Moore, 2009, ed. it. 2012).

In fatto di schiavitù, Darwin era pronto a prendersela persino con i suoi maestri, come Charles Lyell, o con gli amici più fidati come Joseph Hooker e Thomas H. Huxley, che erano più timidi sull'argomento. L'evoluzionista riluttante che pubblicò solo in tarda età, quando ormai costretto dagli eventi, aveva in realtà in mente la fratellanza dell'intero genere umano, e con essa di tutti i viventi, già dai primi frammentari taccuini della giovinezza, prima nella libera Edimburgo, quindi nella più compassata Cambridge, poi nel corso del viaggio del *Beagle* e ancora nei febbrili anni londinesi del ritorno. Finì poi per sostituire all'origine adamitica la materialistica discendenza comune, come fondamento scientifico dell'abolizionismo, combattendo senza posa ogni teoria pluralista o poligenista che prevedesse creazioni separate o genealogie parallele delle razze umane.

Come hanno evidenziato due tra i maggiori storici della scienza inglesi ed esperti di Darwin, Adrian Desmond e James Moore, questa battaglia ideale, la sua "sacra causa", non fu soltanto un retaggio culturale dell'ambiente progressista e umanitario delle due famiglie intrecciate dei Darwin e dei Wedgwood – immerse nel cuore pulsante della vita culturale e politica inglese di quei decenni, tra radicali, conservatori e dissenzienti – bensì l'adesione a una concezione generale delle relazioni tra i gruppi umani che

condizionò poi la struttura stessa della teoria dell'evoluzione. Secondo i due autori, negli scritti giovanili l'unità del genere umano sotto l'egida della discendenza comune fu il brodo di coltura per l'elaborazione del grande modello dell'"albero della vita". Questo primo caposaldo dell'impresa darwiniana si salda al secondo, la selezione naturale mutuata dalla selezione artificiale, con l'analogia tra razze umane e razze di animali domestici (entrambe discendenti da un ceppo comune), culminando nella proposta di una "seconda causa" selettiva (la selezione sessuale, che vedremo tra poco comparire nel capitolo quarto) capace ad avviso di Darwin di far divergere le razze l'una dall'altra, dopo che erano nate dallo stesso antenato africano.

I gusti estetici le avevano diversificate, e non una gerarchia prestabilita inscritta nelle forme del cranio o in altre invenzioni frenologiche. In ciascuna razza, grazie all'universale capacità di "patire insieme" (la categoria darwiniana centrale della *sympathy*), troviamo il seme dell'umanità, del senso morale e del miglioramento possibile. Dai piccioni alle orchidee, la natura in Darwin è un crogiuolo disordinato di diversità che si dispiegano continuativamente nel tempo e nello spazio, soggette a circostanze accidentali e a rimaneggiamenti contingenti, e ciò vale anche per l'evoluzione umana, a discapito di ogni classificazione rigida delle razze umane. La genealogia umana sarebbe stata dunque, secondo Desmond e Moore, la spiegazione-prototipo dell'evoluzione attraverso discendenza comune e selezione naturale.

Tra le righe di OdS possiamo allora cogliere anche il peculiare e del tutto personale "darwinismo sociale" di Darwin: motivato dalla sua intenzione di applicare la selezione naturale al mondo sociale umano; inasprito dai pregiudizi di genere e di classe tipici di un gentleman vittoriano; ma al contempo profondamente condizionato dal suo umanitarismo e dalla convinzione nell'unità evolutiva di tutte le razze umane. Notiamo così quella che oggi ci appare una contraddizione latente, che sfocia pubblicamente soltanto nel 1871 ne *L'origine dell'uomo*, tra le durezze maltusiane e il rifiuto di qualsiasi discriminazione razziale sulla base di una visione dell'evoluzione umana centrata sulla parentela genealogica di tutti i viventi e sulla compassione come lievito della socialità umana. Può così capitare di trovare in OdS malferme dicerie sul cannibalismo dei fuegini, che durante le carestie avrebbero mangiato "le loro vecchie donne, che considerano di minor valore che non i propri cani" (p. 106), e al contempo leggere appassionate difese dell'unità di discendenza di tutti i viventi. Nel capitolo settimo, a proposito di questioni insolubili dovute alle contingenze dell'evoluzione, sostiene che nessuno può spiegare perché due razze di selvaggi abbiano raggiunto diversi gradi "nella scala della civilizzazione", a riprova di quanto non credesse in disparità innate fra le razze umane (p. 279).

Questa miscela teorica di indulgente filantropia e di individualistica competizione (tipica di molti *whig* del tempo) ha fatto sì che Darwin venisse tirato per la giacchetta, o attaccato, da fronti contrapposti che gli attribuivano idee edulcorate non sue o viceversa gli imputavano le più ingiuriose colpe (fra tutte, quella di essere stato il padre dell'eugenetica e del razzismo novecenteschi). Dopo l'accurata ricostruzione di Desmond e Moore (2009), e prima di molti altri studiosi (La Vergata, 2009), diventa davvero impossibile continuare ad associare ancora oggi acriticamente Darwin al razzismo scientifico.

Il vescovo Samuel Wilberforce, anch'egli antischiavista ma per tutt'altre ragioni, accusò Darwin di tradire la causa umanitaria descrivendo lo schiavismo persino tra le formiche (pp. 318-321): dalla ***Formica sanguinea*** dell'Inghilterra meridionale che schiavizza le formiche nere ma divide con loro i compiti di mantenimento della comunità, alla ***Formica rufescens*** che è diventata completamente dipendente dai suoi schiavi. Ma le formiche schiaviste e le formiche obbedienti, precisò Darwin, sono tali per un invincibile istinto naturale (sviluppatosi per selezione naturale a partire dall'occasionale immagazzinamento di pupe di altre specie di formica come cibo), mentre gli esseri umani privano i loro simili della libertà per una scellerata abitudine culturale di cui sono pienamente responsabili. Quindi, nessuna facile giustificazione biologica:

> *Tuttavia le formiche agiscono per mezzo di istinti ereditari e per mezzo di organi o strumenti ereditati, mentre l'uomo agisce per mezzo di conoscenza acquisita e di strumenti fabbricati.* (p. 336)

Nel capitolo ottavo, sull'evoluzione degli istinti, aggiunge una notazione fondamentale per capire il suo modo di intendere l'unicità (ma non l'eccezionalità, dato che Darwin attribuisce "facoltà mentali" anche agli animali) della specie umana:

> *Quanti atti abituali eseguiamo inconsciamente, non di rado in senso contrario alla nostra volontà consapevole! Tuttavia essi potrebbero essere modificati dalla volontà o dalla ragione.* (p. 305)

Dunque volontà e ragione (alimentate da conoscenze acquisite) sono in grado di controbilanciare i nostri moti istintuali (compresi i peggiori), i quali evidentemente nella nostra specie hanno perso la cogenza che hanno nelle formiche e in altri insetti sociali.

7. *Il lento scrutinio della natura: la selezione naturale*

Completata la fase ascendente e descritto il contesto ecologico della lotta per la sopravvivenza, è il momento per Darwin di enunciare il nucleo della sua teoria, la legge generale, presentata nel capitolo quarto con dovizia di esemplificazioni, reali e immaginarie (come a p. 148), a riprova di quanto Darwin apprezzasse, come già nei Taccuini, i modelli e gli esperimenti ideali. Altri pregevoli e ingegnosi esperimenti ideali sono: nel capitolo ottavo (p. 324 e p. 329), sulla costruzione dei favi in specie diverse di api e bombi; nel capitolo decimo (pp. 389-391), su quanto poco fossilizzerebbero le specie dell'arcipelago malese; nel penultimo capitolo, sugli effetti che avrebbe la ricomparsa di tutte le specie estinte (pp. 499-500). È tempo ora di unire le tessere del puzzle: 1) "il numero infinito di lievi variazioni e differenze individuali", sia allo stato domestico sia allo stato di natura, che si accumulano autonomamente; 2) la forza della "tendenza ereditaria"; 3) la lotta per l'esistenza (p. 146).

Se vengono al mondo più individui di quanti ne possano sopravvivere, se gli individui che godono di un certo vantaggio, sia pur minimo, in virtù di una loro differenza ereditaria hanno una maggiore probabilità di sopravvivere e quindi di riprodursi (sempre in quest'ordine in Darwin: prima sopravvivenza, poi riproduzione), allora:

> *La conservazione delle differenze e delle variazioni individuali favorevoli e la distruzione di quelle nocive sono state da me chiamate "selezione naturale" o "sopravvivenza del più adatto".* (p. 147)

Con la precisazione immediata che possono esistere variazioni neutrali:

> *Le variazioni che non sono né utili né nocive non saranno influenzate dalla selezione naturale, e rimarranno allo stato di elemento fluttuante (*fluctuating element*), come si può osservare in certe specie polimorfe, o, infine, si fisseranno per cause dipendenti dalla natura dell'organismo o da quella delle condizioni.* (ibid.)*

La "selezione naturale" (già citata nel primo capitolo di OdS a p. 107 e poi nei due capitoli successivi per sprazzi) è un meccanismo demografico, statistico, automatico, che non implica alcuna scelta cosciente da parte degli esseri viventi e che non si limita a sopprimere gli individui aberranti per preservare i "tipi ideali" della creazione (come sostenevano già i teologi naturali), ma a lungo andare conserva, estingue, accumula, diffonde e fa fluttuare le variazioni, trasformando le specie. Non è solo un carnefice che

elimina gli organismi che deviano da essenze fisse, ma un processo che attivamente plasma le morfologie e modifica le popolazioni biologiche, a partire da un materiale (le varianti) generato indipendentemente. Non è infatti il processo selettivo a produrre le variazioni:

> ... *la selezione comporta soltanto la conservazione delle variazioni non appena compaiano e siano vantaggiose all'individuo nelle sue particolari condizioni di vita.* (ibid.)

Qui "lo studioso dei cirripedi, l'amante dei colombi, lo sperimentatore delle piante e il collezionista del Beagle si stava avvicinando al suo obiettivo" (Browne, 2006, trad. it. cit. p. 82). Darwin parte dall'analogia con la selezione artificiale: ciò che avviene nell'aia o nella serra trova un suo corrispettivo analogico in natura, dove un continuo scrutinio delle variazioni fa sì che lentamente le popolazioni biologiche vengano plasmate e trasformate in base alle cangianti condizioni di vita organiche e inorganiche. Come nella domesticazione, dove un nuovo tratto viene plasmato nel corso di molte generazioni favorendo la riproduzione degli individui portatori di piccole variazioni (una mela più dolce, una mucca più prodiga di latte), così in natura una nuova variante può gradualmente crescere di frequenza all'interno di una popolazione se i suoi portatori ne traggono un vantaggio in termini di sopravvivenza, e quindi di riproduzione. La selezione naturale, rispetto a quella artificiale, ha molto più tempo ed è assai più potente (p. 148). In un celebre passo, che inizia con una metafora, il naturalista inglese descrive così la sua scoperta:

> *Si può dire, metaforicamente, che la selezione naturale sottoponga a scrutinio, giorno per giorno e ora per ora, le più lievi variazioni in tutto il mondo, scartando ciò che è cattivo, conservando e sommando tutto ciò che è buono; silenziosa e impercettibile essa lavora quando e ovunque se ne offra l'opportunità per perfezionare ogni essere vivente in relazione alle sue condizioni organiche e inorganiche di vita. Questi lenti cambiamenti noi non li avvertiamo quando sono in atto, ma soltanto quando la mano del tempo ha segnato il lungo volgere delle età, ma così imperfette sono le nostre cognizioni delle remote ere geologiche che ci è soltanto dato di vedere che le forme viventi attuali sono diverse da come erano una volta.* (p. 150)

Anche se la selezione naturale può fissare modificazioni che a loro volta generano effetti collaterali imprevedibili, dato che l'organismo è un tutto organizzato (p. 151), la novità biologica che emerge per mutazione è in Darwin solitamente leggera, un'infinitesimale differenza di modulazione

in caratteristiche già esistenti. Il processo selettivo modifica a volte caratteri marginali e all'apparenza insignificanti, ma in realtà decisivi nello stabilire una piccola differenza rispetto ad altri[9]. Nel capitolo ottavo anche gli istinti animali[10] verranno trattati come risultato del continuo accumulo di numerose, piccole e utili variazioni sottoposte a selezione, con "molte gradazioni che conducono agli istinti più complessi" (p. 307), per esempio negli istinti migratori e nelle variazioni ereditarie degli istinti negli animali domestici (pp. 309-313). La selezione naturale rende permanenti abitudini accidentali, vantaggiose per i loro possessori.

Dunque la selezione agisce attraverso l'accumulo graduale e uniforme (proprio come nei cambiamenti geologici per Charles Lyell) di numerose e piccole variazioni:

> *Come la geologia moderna ha ormai ripudiato ipotesi quale quella dell'escavazione di una grande valle ad opera di un'unica ondata diluviale, così la selezione naturale bandirà la credenza della creazione continua di nuovi esseri viventi, o di qualsiasi grande e improvvisa modificazione della loro struttura.* (p. 161)

La macina di questo mulino lavora incessantemente e non sembra avere limiti, ribadisce nelle conclusioni della sesta edizione:

> *Non vedo alcun limite a questo potere di adattare lentamente e magnificamente ciascuna forma alle più complesse relazioni della vita. La teoria della selezione naturale, anche se non abbiamo guardato più lontano di così, mi sembra probabile al massimo grado possibile*[11]. (p. 535)*

Ne deriva la conferma del "canone della storia naturale", quel motto "Natura non facit saltum" che tornerà a più riprese in OdS:

---

9 Il celebre esempio su come un quadrupede ungulato "possa essersi convertito in una giraffa" dal lungo collo (utile per raggiungere riserve supplementari di cibo, ma anche per avvistare predatori e per difesa), attraverso una lenta selezione naturale di individui ciascuno differente e non per volontà dell'animale o per ereditarietà dei caratteri acquisiti, è spiegato nel capitolo settimo, nelle risposte alle obiezioni (p. 276).

10 Provvisoriamente definiti come "atti abituali eseguiti inconsciamente" o, nel caso dell'istinto del cuculo a migrare e a deporre le uova nei nidi di altri uccelli (pp. 313-317), così: "un'azione che per noi richiede l'aiuto della riflessione e della pratica è considerata istintiva quando è compiuta da un animale molto giovane e privo di esperienza, oppure da molti individui nello stesso modo, senza che essi ne conoscano lo scopo" (p. 305).

11 Si noti il riferimento darwiniano non a certezze o verità, ma a livelli di probabilità, il più alto nel caso della selezione naturale.

> *Poiché la selezione naturale agisce solo accumulando variazioni leggere, successive e favorevoli, essa non può produrre modificazioni grandi o improvvise; può agire soltanto con passi brevi e lenti. Perciò, l'assioma "Natura non facit saltum", che ogni nuova aggiunta alla nostra conoscenza tende a confermare, è, secondo questa teoria, comprensibile.* (p. 537)

La natura "è prodiga di varietà, sebbene avara di innovazioni" (ibid.): il motore della storia è dato dalle leggere peculiarità individuali. Al centro del capitolo quarto, Darwin aggiunge poi una terza tipologia di processo selettivo (alla quale stava lavorando da alcuni anni e che era già stata intuita da suo nonno Erasmus), dopo la selezione artificiale e quella naturale. Si tratta della "selezione sessuale", cioè di una competizione all'interno della specie non per la sopravvivenza bensì direttamente per la riproduzione:

> *Questo tipo di selezione dipende non dalla lotta per l'esistenza contro altri esseri viventi o contro le condizioni esterne, ma dalla lotta degli individui di un sesso, generalmente maschi, per il possesso delle femmine. Il risultato di questa lotta non è la morte del vinto, ma la mancanza di discendenti o lo scarso numero di essi. La selezione sessuale è quindi meno rigorosa della selezione naturale.* (p. 154)

In quanto meno rigorosa, tollererà più variabilità, soprattutto nei caratteri sessuali secondari (p. 216). Tale meccanismo si realizza, in una prima categoria, nelle "guerre" tra maschi rivali per il possesso delle femmine, generando per selezione sessuale una quantità di "armi" per le dispute (corna, speroni, zanne, scudi, e così via, racconta Darwin). Ma vale anche per una seconda categoria di competizioni, in cui i maschi non si scontrano direttamente ma rivaleggiano sul piano estetico per indurre le femmine a sceglierli come partner, come nei canti e nelle esibizioni di molti uccelli. Qui avviene che

> *... le femmine degli uccelli possono ottenere un effetto notevole, scegliendo nel corso di migliaia di generazioni i maschi più belli e dal canto più melodioso, a seconda del proprio ideale di bellezza.* (p. 155)

Alla selezione sessuale e alla scelta femminile Darwin attribuisce gran parte delle differenze tra i sessi all'interno delle specie e, nell'*Origine dell'uomo*, anche la differenziazione fra le razze umane nel globo. È grazie a essa che la natura è così traboccante di bellezza (p. 537). Ma è un argomento che introduce in OdS solo brevemente per completezza (ripetendolo anche nelle conclusioni), avendo in mente di trattarlo per esteso in un'opera successiva.

8. *La contingenza della selezione*

Chiariti i tre processi selettivi, nel descrivere i rapporti tra selezione naturale e scenari biogeografici Darwin immagina vere e proprie realtà alternative, esperimenti mentali o "esempi immaginari" (p. 156): lupi e cervi in competizione, con cambiamenti fisici nella regione, oscillazioni demografiche e modificazioni dei rispettivi caratteri; piante che imparano a sfruttare le visite degli insetti per la fecondazione, a partire dalla secrezione, per tutt'altre ragioni iniziali, di una linfa zuccherina; invasioni di specie britanniche in Nuova Zelanda, con grande successo e sterminio delle specie autoctone, che al contrario non sopravvivrebbero alla competizione con le europee (p. 422).

Se l'ambiente pone esigenze di sopravvivenza (o "pressioni selettive", diremmo oggi) analoghe, è possibile che animali non strettamente imparentati sviluppino adattamenti simili, per "convergenza dei caratteri" (tema su cui torna lungamente nel capitolo sesto, pp. 246-250). Tuttavia essa sarà sempre superficiale, perché troppi sono gli elementi di unicità e di irreversibilità di ogni percorso evolutivo:

> *La forma di un cristallo è determinata unicamente dalle forze molecolari, e non è sorprendente che sostanze dissimili assumano talvolta la stessa forma; ma per gli esseri viventi dobbiamo tener presente che la forma di ciascuno dipende da una infinità di complessi rapporti, cioè dalle variazioni che sono sorte, dovute a cause troppo complesse per poter essere rintracciate; dalla natura delle variazioni che sono state conservate e selezionate, e ciò dipende dalle condizioni fisiche ambientali, e in misura ancora superiore dagli organismi circostanti coi quali ciascun essere è entrato in concorrenza, ed infine dalla eredità (elemento di per sé fluttuante) ricevuta da innumerevoli antenati, i quali tutti sono stati determinati a loro volta da rapporti ugualmente complessi*. (p. 191, aggiunta della sesta edizione)

Alla luce di tutti questi motivi non ha senso chiedersi perché, se l'allungamento del collo è stato favorevole per la giraffa, tale adattamento non si sia realizzato anche nelle altre specie di ungulati, o chiedersi perché le scimmie non sono diventate intelligenti come noi: troppe sono le condizioni contingenti e al contorno (interne ed esterne) che interferiscono e che rendono ogni percorso evolutivo unico (pp. 276-279). La storia evolutiva di una specie è un "processo altamente complesso" e come tale irreversibile (p. 278). La selezione naturale abbisogna, oltre che di tempo, di "molte modificazioni coordinate" e di un "concorso di condizioni" che non sempre si realizza (p. 300). Attraverso una serie di "congetture" e di esperimenti ideali, Darwin nel capitolo settimo, rispondendo alle obiezioni alla teo-

ma, mostra come raramente nell'evoluzione si torni sui propri passi, perché la competizione di altre specie e l'occupazione di un posto nell'economia della natura lo impediscono: gli struzzi non si mettono a volare, troppo dispendioso; pipistrelli e foche non occupano nicchie terrestri sulle isole, perché già occupate (p. 279).

Quando invece gli organismi di due o più specie evolvono gli uni in relazione agli altri, si ha una "co-evoluzione", con produzione di "co-adattamenti". Le pregevoli descrizioni darwiniane si concentrano in particolare sulle danze di coadattamenti, di divisioni del lavoro e di specializzazioni reciproche tra piante e insetti (l'ape domestica con il trifoglio rosso, i bombi con il trifoglio violetto, i bombi e le orchidee):

> *Un fiore e un'ape possono, o simultaneamente o uno dopo l'altra, modificarsi poco a poco e adattarsi reciprocamente nel modo più perfetto, grazie alla continua conservazione di tutti gli individui che offrono lievi deviazioni di struttura reciprocamente favorevoli all'uno e all'altro.* (p. 161)

La selezione naturale però, al contrario di quella artificiale, non prevede in tutto ciò alcuna scelta conscia e intenzionale. Non è coinvolto alcun agente dotato di mente e di progetti. Per questa ragione nella quinta edizione di OdS Darwin accetta il consiglio di Wallace di utilizzare il termine alternativo di "sopravvivenza del più adatto" (*survival of the fittest*), più meccanico e descrittivo rispetto a "selezione", essendo focalizzato più sul processo che sull'esito. Lo mette anche nel titolo del capitolo: "Selezione naturale o sopravvivenza del più adatto". In realtà sta cadendo dalla padella nella brace, perché l'utilizzo di quel superlativo e l'introduzione dello scivoloso aggettivo di "atto" o "adatto" non lo aiuteranno per nulla.

Darwin ha dunque un problema linguistico, perché si sente costretto a descrivere la selezione naturale in modo antropomorfico (come un agente intenzionale, come un impersonale allevatore naturale che finisce per assomigliare troppo a un surrogato del divino progettista) ma sa benissimo che in questo modo rischia di ricadere in un linguaggio teleologico tipico della teologia naturale. Nella corrispondenza privata ammette la difficoltà e per evitare di attribuire alla selezione naturale le stesse caratteristiche di un ingegnere celeste si ripromette di individuare un altro termine ancora, più asettico, come "conservazione naturale", che poi non adottò mai. È così preoccupato del possibile fraintendimento da aggiungere, dalla terza edizione in poi, un lungo passo difensivo sull'uso delle metafore e sulla terminologia, nel quale si appella al normale utilizzo di espressioni simili (imprecise ma necessarie) in chimica e in fisica:

Indubbiamente, nel senso letterale della parola, il termine selezione naturale è erroneo; ma chi ha mai criticato i chimici quando parlano di affinità elettive dei vari elementi? Tuttavia non si può dire in senso stretto che l'acido elegga la base con cui si combina meglio. Si è detto che io parlo di selezione naturale come di una potenza attiva o di una divinità, ma chi mai muove obiezioni a un autore che disserta sull'attrazione della gravità come della forza che regola i movimenti dei pianeti? Tutti sanno che cosa significano e implicano tali espressioni metaforiche, che sono quasi necessarie per ragioni di brevità. (p. 147)

Ma la difficoltà è più generale e riguarda la personificazione della Natura, con la maiuscola, che aveva usato nelle precedenti edizioni come sinonimo di "conservazione naturale" o sopravvivenza del più adatto (p. 149), una natura che "vede" i più minuti cambiamenti, aggiusta e migliora, o addirittura "si prende cura" dei singoli organismi (p. 149):

È altresì molto difficile evitare di personificare la parola Natura, ma per Natura io intendo soltanto l'azione aggregata e il risultato di numerose leggi naturali, e per leggi la sequenza di eventi da noi accertati. Per chi ha un minimo di familiarità con l'argomento tali obiezioni superficiali saranno del tutto trascurabili. (ibid.)*

Sciogliendo la parziale circolarità della definizione, per Darwin "natura" è l'insieme dei fenomeni e degli effetti prodotti da sequenze regolari di eventi accertati scientificamente (dette "leggi naturali"). In un tale contesto, non si dà mai perfezione assoluta, ma solo un costante perfezionamento:

Non è possibile citare una regione in cui tutti gli abitanti autoctoni siano così perfettamente adattati gli uni agli altri e alle condizioni fisiche in cui vivono che nessuno di essi possa adattarsi meglio o perfezionarsi. (p. 149)

La natura è cambiamento, senza direzioni prestabilite, non più deposito di essenze ideali o strumento per la realizzazione di cause finali.

9. *Una radicale separazione tra natura e teleologia*

Esattamente in questa discussione terminologica e filosofica, meno trascurabile di quanto appare a prima vista, si nasconde la specificità radicalmente anti-teleologica del concetto di selezione naturale. Darwin vuole difenderla a ogni costo, come si evince dalla sua corrispondenza di quegli anni con Asa Gray. Il nocciolo esplicativo della sua teoria è un incontro

contingente fra due catene causali indipendenti l'una dall'altra: quella interna delle variazioni individuali non direzionate, da una parte, e quella delle condizioni di esistenza esterne, anch'esse mutevoli, dall'altra. La selezione naturale non dà luogo alle variazioni, si è detto, ma "comporta soltanto la conservazione delle variazioni non appena compaiono e siano vantaggiose all'individuo nelle sue particolari condizioni di vita" (p. 147). Sballottata fra queste due fonti di contingenza, una interna e una esterna, l'evoluzione non può certo nascondere alcun piano preordinato, non può avere direzioni già scritte: è un'esplorazione contingente di possibilità, volta per volta, dipendente dagli accidenti ambientali. Ne risultano tratti e comportamenti adattativi che si trasformano incessantemente nelle popolazioni, per via del lento scrutinio delle "più lievi variazioni" fra individui, al variare delle circostanze accidentali.

Ciò non significa, come Darwin scriverà nelle lettere, consegnare l'evoluzione al puro caso, alla semplice insignificanza di infinite fluttuazioni casuali. Ci sono precise regolarità e leggi in azione, ma non tali da rendere il processo nel suo insieme prevedibile e determinato. Né tali da indirizzare l'evoluzione lungo percorsi o tendenze intrinseche. È un complesso di idee tanto semplice quanto difficile da digerire, per una ragione precisa: l'incontro contingente di due catene causali indipendenti (la variazione individuale nelle popolazioni e le condizioni esterne di esistenza, tra specie e specie, o tra specie e ambienti) ha sue ragioni specifiche, ma esclude che il cambiamento evolutivo in sé possa essere canalizzato verso un fine né tantomeno progettato da una mente intenzionale. L'esito attuale non era necessario, ma uno fra i tanti possibili.

Come scrive Janet Browne, a differenza di Lamarck, ma anche del suo nonno proto-evoluzionista Erasmus: "Darwin si differenziava soprattutto perché non prevedeva per i suoi organismi alcun obiettivo futuro, alcuna teleologia o potere divino che li spingesse in avanti, alcuno sforzo interiore o atto di volontà che potesse guidare i cambiamenti adattativi in direzioni specifiche. Nella sua visione, le variazioni dipendono dal caso. Un organismo ben adattato potrebbe essere estremamente semplice. L'adattamento di un insetto è meraviglioso quanto quello di un uomo" (2006, ed. it. cit. p. 85).

Non vi è dunque alcuna tendenza necessaria in natura a diventare più grandi, più alti, più duri, più veloci, più soffici o più intelligenti. Dipende solo e soltanto dalle circostanze, senza alcuna sequenza pre-programmata di passaggi dal più semplice al più complesso come in Lamarck. È una rottura filosofica che va ben al di là della confutazione della dottrina delle creazioni speciali e che giustifica molte delle più che ventennali ritrosie. Sta

andando non soltanto contro un universo religioso (che ancora oggi accoglie, neghittosamente, la realtà dell'evoluzione per selezione naturale, ma non le sue conseguenze antifinalistiche), ma anche filosofico e ideologico più generale. Come scrisse Ernst Mayr, "si era in un'epoca singolare, visto che i filosofi della scienza inglesi – Herschel, Whewell e Mill – da un lato sostenevano a spada tratta una metodologia scientifica rigorosa e dall'altro credevano tutti fermamente nelle cause finali" (1991, ed. it. 1994, p. 68). Dunque persino i suoi riferimenti metodologici più autorevoli, disposti a concedere un ruolo alla mano di Dio in natura, non lo avrebbero seguito nella sua tagliente confutazione di ogni teleologia, così espressa nell'*Autobiografia*:

> *Dopo la scoperta della legge della selezione naturale, cade il vecchio argomento di un disegno nella natura secondo quanto scriveva Paley, argomento che nel passato mi era sembrato decisivo. Non si può più sostenere, per esempio, che la cerniera perfetta di una conchiglia bivalve debba essere stata ideata da un essere intelligente, come la cerniera della porta dall'uomo. Un piano che regoli la variabilità degli esseri viventi e l'azione della selezione naturale non è più evidente di un disegno che predisponga la direzione del vento. Tutto ciò che esiste in natura è il risultato di leggi determinate.* (p. 69)

Si noti l'incipit normativo: "non si può più sostenere". È irrazionale e insensato continuare a sostenere che in natura esiste un disegno. Ma non basta: quasi a voler anticipare sul nascere certe interpretazioni teistiche concilianti, è contro ogni evidenza anche asserire che il piano divino agisca per mezzo delle variazioni e della selezione naturale (come pensava per esempio l'amico botanico di Harvard Asa Gray). È un punto di svolta. Inizia la descrizione integrale della natura in evoluzione in quanto priva di qualsiasi disegno e di cause finali. In un passo del capitolo ottavo che sembra rivolto espressamente ai teologi naturali e ai teorizzatori di fantomatiche leggi interne della forma, Darwin concede che sia difficile immaginare la meravigliosa complessità degli adattamenti (esemplificata dalla matematica perfezione del favo) come risultato di pochi meccanismi di base, ma questo è proprio ciò che si suggeriscono le evidenze:

> *Ottuso deve essere colui che può esaminare la squisita fattura di un favo, così perfettamente adatta al suo scopo, senza provare un sentimento di entusiastica ammirazione. I matematici ci insegnano che le api hanno praticamente risolto un astruso problema, quello di dare alle celle la forma atta a contenere la quantità massima di miele, con il minor consumo possibile di preziosa cera per la costruzione. È stato osservato che un abile operaio, fornito degli utensi-*

> *li e misure esatte, avrebbe grande difficoltà a costruire celle di cera di forma appropriata, come quelle costruite da miriadi di api che lavorano in un oscuro alveare. Ammettete tutti gli istinti che volete: sembra inconcepibile a tutta prima che le api possano fare tutti i necessari angoli e piani, e persino accorgersi quando sono fatti esattamente. Tuttavia la difficoltà non è così grande come può sembrare a prima vista: e credo si possa dimostrare che tutto questo magnifico lavoro è il risultato di pochi e semplici istinti.* (p. 322)

Il "metodo di lavoro della Natura" consiste nel "grande principio della gradazione" (ibid.), cioè modificazioni di istinti per selezione naturale, "una lunga e graduale successione di istinti architettonici modificati" (p. 328), in una serie continuativa di soluzioni adattative che vanno dalle celle rudimentali dei bombi alla perizia costruttiva del favo piramidale a celle esagonali delle api domestiche, passando per le celle sferiche imperfette della *Melipona domestica* (pp. 322-324). La "pressione selettiva" (cioè il vantaggio arrecato ai portatori di leggere modificazioni ereditarie di istinti) è data dall'economia di lavoro, di cera e di tempo.

10. *L'egoismo imperfetto della selezione*

È interessante verificare anche un altro aspetto riguardante le modalità di azione della selezione naturale. Un lungo e vivace dibattito evoluzionistico sul livello gerarchico esatto al quale agirebbe la selezione naturale si è infatti protratto fino a oggi e non smette di dividere gli esperti. La selezione favorisce tratti a livello di individuo singolo o anche di gruppi e di specie? Il vantaggio è sempre del singolo o può essere anche della comunità? In OdS Darwin non sembra avere dubbi: i tratti adattativi sono selezionati perché favoriscono la sopravvivenza e la riproduzione di organismi individuali. Il rifiuto di meccanismi selettivi che non siano strettamente individuali è in alcuni passaggi molto netto. La selezione non fa mai il bene delle specie, ma solo degli individui. Anzi, la scoperta di tratti di una specie che siano vantaggiosi per un'altra sarebbe una confutazione della teoria:

> *La selezione naturale non può produrre modificazioni in una specie esclusivamente a vantaggio di un'altra specie; benché nella natura una specie continuamente si avvantaggi e si approfitti della struttura di altre. ... Se si potesse provare che una qualsiasi parte della struttura di una specie è stata formata per esclusivo beneficio di un'altra specie, ciò distruggerebbe la mia teoria, poiché quella parte non potrebbe essersi prodotta attraverso la selezione naturale.* (p. 259)

Anche quando sembra che il vantaggio sia collettivo, sottosotto la ragione ultima della sua insorgenza per selezione naturale è il vantaggio individuale. Il sonaglio del serpente può avvisare in anticipo le prede, ma è comunque funzionale per spaventare potenziali nemici (p. 260). Il principio del "bene individuale" è prevalente. Ciò vale per i tratti strutturali come per gli istinti: gli afidi "che cedono volontariamente alle formiche le loro escrezioni zuccherine" non stanno facendo un favore gratuito a un'altra specie, ma ne ricavano un vantaggio (pp. 307-308). Nella dettagliata ricostruzione del caso dell'istinto egoista e "odioso" del cuculo (pp. 313-317), che deposita le sue uova nei nidi di altri uccelli e i cui giovani spingono fuori dal nido e uccidono i fratelli adottivi, Darwin non dice nulla del vantaggio che dovrebbe avere la specie che subisce un simile comportamento: l'egoismo del cuculo prevale ed è sufficiente che la vittima del sopruso non venga sterminata (p. 317), così come accade per le formiche rese schiave da altre formiche "tiranne" (p. 320).

Potranno esserci scambi di interessi reciproci e compromessi tra vantaggi e svantaggi, ma alla fine ogni carattere dovrà offrire un'utilità prevalente, altrimenti verrà cassato dalla selezione:

> *La selezione naturale non produrrà mai in un essere una qualsiasi struttura che sia più dannosa che benefica per detto essere, poiché la selezione naturale agisce soltanto mediante il bene e per il bene di ciascuno. ... Se si facesse un equo bilancio del bene e del male causato da ciascuna parte, si troverebbe che ciascuna è nel complesso vantaggiosa.* (p. 260)

Che l'interesse individuale sia l'opzione primaria di Darwin si nota anche dal modo in cui spiega come possa la selezione favorire per gradi successivi la sterilità fra gli individui di due varietà che stanno diventando due specie distinte. È un altro problema della spiegazione per selezione: come può essa favorire un tratto anti-riproduttivo di questo tipo, dove la prole si indebolisce sempre di più e diventa sterile? Wallace aveva affrontato il tema dell'ibridismo considerandolo un adattamento a livello della specie (che preserva così la sua integrità), una soluzione inaccettabile per chi come Darwin vedeva di norma l'agente della selezione nel singolo organismo e non in entità di livello superiore. Il rifiuto di questa ipotesi basata sull'interesse della specie è netto:

> *... la sterilità delle specie dopo il primo incrocio, e quella della loro discendenza ibrida, non possono essere state acquisite, come dimostrerò, con la conservazione di gradi successivi e vantaggiosi di sterilità. Essa è un risultato accidentale di differenze nel sistema riproduttivo delle specie progenitrici.* (p. 339)

Il passo è rimaneggiato più volte nelle sei edizioni e Darwin è incerto sulla natura di queste differenze nei sistemi riproduttivi. A suo avviso la sterilità dei primi incroci e degli ibridi nelle specie incipienti non era da considerare una proprietà innata delle specie stesse, né un adattamento diretto frutto di selezione, bensì un effetto collaterale incidentale di altri tratti adattativi divergenti, in particolare nei sistemi riproduttivi delle varietà in fase di separazione e nelle loro leggi di sviluppo. Ne consegue ("dopo matura riflessione" – p. 353) che la sterilità dei primi incroci e degli ibridi non è frutto della selezione naturale. Il vantaggio sarebbe infatti esclusivamente dell'intera specie o della varietà (p. 352), ma ciò non è possibile perché dobbiamo comunque prima passare dalla sopravvivenza degli individui nelle popolazioni e non riusciremmo a spiegare il successo iniziale di individui incipientemente sterili:

> *Che cosa potrebbe favorire la sopravvivenza di quegli individui che fossero dotati di una reciproca sterilità un po' più pronunciata, avvicinandosi così, di poco, alla sterilità assoluta?* (p. 353)

Non c'è vantaggio né diretto per l'individuo né indiretto per la comunità, dunque la selezione non può agire (p. 354). Il beneficio della specie, nel caso della sterilità degli ibridi, è fortuito e il processo in questo caso non è selettivo, ammette con una certa riluttanza il naturalista inglese (ripetendo che è giunto a questa conclusione dopo molte riflessioni e tornando sul problema anche nelle conclusioni, nella sesta edizione, a testimonianza di quanto lo ritenesse importante – pp. 527-528). La questione tuttavia non è generalizzabile in contorni così semplici e Darwin non rinuncia tanto facilmente al ruolo della selezione naturale in altri casi. Si accorge però di non poter spiegare efficacemente, in termini di esclusiva selezione individuale, la comparsa di caratteri e di comportamenti (diffusi in natura) che sono favorevoli per un gruppo di organismi ma svantaggiosi per il singolo.

Queste forme di socialità, di altruismo e di sacrificio per la comunità dovrebbero essere eliminate dalla selezione e invece sono diffuse. Ne *L'origine dell'uomo*, spaziando dall'evoluzione delle caste sterili negli insetti eusociali allo sviluppo della moralità umana, accoglierà alcune significative obiezioni all'"egoismo individuale" della selezione, aprendo alla possibilità di una competizione e quindi di una selezione tra famiglie, tribù e gruppi. Il tema traspare già in OdS e sembra lasciar trapelare chiaramente la possibilità che in alcuni casi possa operare in natura non soltanto una selezione individuale, ma anche una "selezione tra gruppi" (*group selection*).

Darwin sta riflettendo sul caso peculiare del pungiglione dell'ape, la cui conformazione anatomica è tale da portare alla morte l'insetto quando attacca un nemico e lo punge. L'espulsione del pungiglione, a causa dei dentelli rivolti all'indietro, porta infatti alla lacerazione dell'addome dell'insetto e alla perdita dei suoi visceri. Come spiegare un tratto così imperfetto, così stranamente suicida e controproducente sul piano individuale? Perché le api prive di questa caratteristica mortale non hanno avuto il sopravvento? Evidentemente, risponde Darwin, il pungiglione nasce per altre funzioni in remoti progenitori e viene poi riadattato per il suo scopo attuale. Affinché persista, non resta che richiamare una qualche "utilità per la comunità":

> *Poiché se in complesso la capacità di pungere risulta utile alla comunità sociale, essa soddisferebbe tutti i requisiti della selezione naturale, sebbene possa causare la morte di alcuni membri.* (p. 261)

Da questo punto di vista le api e le vespe che pungono il nemico si sacrificano per la comunità e si comportano in modo altruista nei confronti del gruppo. Darwin è quindi consapevole della distinzione tra la selezione che agisce all'interno dei gruppi e la selezione tra gruppi. Lo stesso principio si applica a specie i cui gruppi sono solitamente costituiti da individui strettamente imparentati fra loro, come gli insetti eusociali (api, vespe, formiche, termiti). Anche in questo caso Darwin non ha dubbi sul ruolo della comunità come unità di selezione. Come spiegare altrimenti l'evoluzione di intere caste sterili di lavoratrici in molte di queste specie e la produzione di migliaia di fuchi? Si tratta di individui che disobbediscono all'imperativo darwiniano della riproduzione e dunque dovrebbero sfuggire a ogni logica selettiva individuale. Anche la regina, che dà "selvaggiamente" la caccia alle giovani regine, sue figlie, lo fa "indubbiamente per il bene della comunità" (ibid.).

In effetti, ammette Darwin nel capitolo sugli istinti, questa difficoltà "mi sembrò dapprima insormontabile e davvero fatale alla mia teoria" (p. 331)*, tanto da richiedere il ricorso alla comunità come referente del vantaggio indiretto di un comportamento individuale. Sarà così riaffermato "il potere della selezione naturale" per risolvere "la difficoltà specifica di gran lunga più grave incontrata dalla mia teoria" (p. 336). Sappiamo dalla corrispondenza privata che Darwin si sta arrovellando su questo problema dal 1848 e che la soluzione si fa strada nella sua mente non prima del 1858, quando sta lavorando a *Natural Selection*. La risposta a cui giunge è diversa da quella relativa alla sterilità degli ibridi, cioè individui di due specie in

fase di separazione. Qui infatti gli individui sterili sono all'interno della stessa specie.

Prendiamo il caso delle formiche operaie, sterili, scrive Darwin. Evidentemente i formicai che contenevano alcuni individui occasionalmente sterili (tutto comincia, anche qui, con variazioni spontanee accidentali), ma maggiormente al servizio della comunità, hanno ottenuto un vantaggio competitivo rispetto ai formicai in cui tutti gli individui erano fertili, ma meno sociali. Può essere un vantaggio se alcuni rinunciano alla procreazione in cambio di un più intenso lavoro per la comunità. E fino a questo punto, non vi sono "particolari difficoltà ad ammettere che ciò sia avvenuto attraverso la selezione naturale" (p. 332). Tra le righe, implicitamente ha già scritto che la competizione non è tra formiche singole, bensì tra formicai. Dalla comparsa occasionale di individui sterili si passa alla loro utilità sociale: non hanno esigenze di procreazione e si mettono al servizio dell'alveare. Il successo del loro gruppo farà sì che in una specie questa percentuale di individui sterili si stabilizzi.

Il problema però si aggrava quando consideriamo il fatto che le caste sterili, nelle formiche come nelle api, presentano notevoli differenze di struttura rispetto a maschi e femmine fertili. Le operaie sembrano insetti completamente diversi. Come è possibile? Se sono sterili, come fanno a trasmettere questa loro diversità? Senza contare che se un individuo è sterile non può diffondere alla discendenza nemmeno il suo carattere socialmente favorevole. Anche nella conclusione il caso delle formiche viene presentato tra quelli "di speciale difficoltà" (p. 527). Qui Darwin mutua però dalla selezione artificiale una soluzione teorica assai ingegnosa, oggi ampiamente corroborata: la selezione naturale non agisce tanto sulla sterilità e sulla fertilità in sé, quanto sulle differenti strategie riproduttive dei genitori. Alcuni di questi in passato avranno avuto l'intera prole fertile, mentre altri avranno avuto un mix di figli fertili e di figli sterili, con vantaggi sociali per sé e per la comunità.

> *Questa difficoltà, sebbene appaia insuperabile, si riduce o, come credo, scompare, quando si ricordi che la selezione può applicarsi alla famiglia, così come all'individuo, e può così raggiungere lo scopo desiderato.* (p. 332)

L'allevatore che uccide un animale per provarne la carne sa che quell'animale non potrà più riprodursi, ma se la carne è di qualità potrà favorire la riproduzione dei suoi genitori, svolgendo così una "selezione familiare": "la selezione esplica la sua azione sulla famiglia e non sull'individuo, al fine di raggiungere un risultato vantaggioso" (p. 333). Allo stesso modo la lavoratrice sterile non si riproduce, mentre i genitori fertili che l'hanno

messa al mondo si riprodurranno più degli altri[12]. Il bene in questo caso è sia individuale sia di gruppo, perché i figli sterili aiutano sia i loro parenti sia l'alveare nel suo complesso (anche se le due condizioni in parte si sovrappongono: oggi sappiamo che negli imenotteri eusociali, con l'eccezione delle termiti, il grado di comunanza genetica è altissimo).

> *Possiamo perciò concludere che lievi modificazioni di struttura o di istinto, in correlazione con la condizione di sterilità di alcuni membri della colonia, si sono dimostrate vantaggiose*[13]*; di conseguenza maschi e femmine fecondi*[14] *hanno prosperato e trasmesso alla loro discendenza feconda una tendenza a produrre individui sterili con le stesse modificazioni. Questo processo deve essersi ripetuto molte volte, fino a dar luogo a quella prodigiosa somma di differenze tra le femmine sterili e le femmine feconde della stessa specie, che riscontriamo in molti insetti sociali.* (p. 333)*

Viene dunque a crearsi una sopravvivenza differenziale tra comunità, non tra individui, con il maggior successo di "comunità con femmine che producono il più gran numero di individui neutri aventi tali vantaggiose modificazioni" (p. 334). All'interno della stessa specie, le popolazioni sterili di operaie e di soldati possono poi differire grandemente al loro interno e specializzarsi in caste diverse (per dimensioni, organi della vista, mandibole, etc), fra le quali esisteranno però sempre insensibili gradazioni (pp. 333-336). La divisione del lavoro all'interno di una comunità può infatti migliorarne molto l'efficienza (p. 336). Il tutto sempre attraverso la sopravvivenza differenziale non degli individui sterili ma dei progenitori che li generavano, comprese le loro progressive differenziazioni in caste specializzate.

La differenza tra le due soluzioni proposte da Darwin per la sterilità degli ibridi (effetto incidentale, senza vantaggi selettivi per la specie in sé) e per la sterilità delle caste di lavoratrici negli insetti eusociali (selezione di gruppo) lascia supporre che egli abbia in mente due criteri precisi per ipotizzare che la selezione agisca non soltanto a livello individuale: coloro che sacrificano i loro interessi individuali devono apportare benefici ad altri individui della comunità (e dunque, di riflesso, a se stessi); la dinamica deve prevedere una competizione tra gruppi, con strategie riproduttive e adatta-

12 Spostando la spiegazione sul successo riproduttivo dei genitori, questa soluzione esclude che vi possa essere stata un'influenza delle abitudini, dell'esercizio, dell'uso e del disuso da parte delle operaie sterili. È quindi un processo genuinamente selettivo che si contrappone alla "ben nota teoria delle abitudini ereditate, avanzata da Lamarck" (p. 336).

13 Nella prima edizione aveva scritto "vantaggiose per la comunità".

14 Nella prima edizione aveva scritto "maschi e femmine fecondi della stessa comunità".

menti diversi, all'interno della stessa specie (e non con la specie in sé come unità di selezione). Le due condizioni non sono soddisfatte nel caso della sterilità degli ibridi, lo sono invece per le caste sterili negli insetti.

In ultima istanza, per Darwin, il beneficio del gruppo (che legittima possibili processi di *group selection* in almeno tre casi) deve riflettersi in un beneficio per tutti gli individui che ne fanno parte (Sober, 2011). Dunque ha un approccio sostanzialmente individualista, ma ciò non gli impedisce di essere pluralista circa i possibili livelli di selezione qualora ve ne sia la necessità per spiegare i tratti che favoriscono la socialità. Potremmo definire la sua posizione "egoismo imperfetto". Ciò che sicuramente non è possibile, precisa Darwin, è che una specie si modifichi senza alcun vantaggio, "ma solo per l'utile di un'altra specie" (p. 152). Per il resto, non è mai drastico.

Esiste poi lo scenario ecologico che giustifica spesso una lotta non solo tra individui, ma anche tra gruppi di esseri viventi. Ciò fa sì, per esempio, che alcune specie di piante (le più diffuse tra regioni differenti e le più comuni per numero di individui in una regione) siano più variabili di altre e dunque abbiano "maggiore probabilità di lasciare una discendenza la quale, sebbene lievemente modificata, erediti ancora quei vantaggi che hanno permesso alla specie madre di prendere il sopravvento sulle altre specie indigene" (p. 124). Dunque in taluni passaggi persino le specie sembrano soggetti attivi a tutti gli effetti del gioco darwiniano, essendo alcune più prospere (*most flourishing*) e pertanto più "evolvibili" di altre, nel senso che contengono più varietà interne.[15] Nel capitolo secondo Darwin si lancia addirittura in un confronto tra generi più grandi e generi più piccoli nelle piante, sostenendo l'esistenza, pur con eccezioni significative, di interi gruppi di specie più prolifici di altri (perché producono mediamente più varietà interne, cioè specie in via di formazione).

Come per molte altre questioni, insomma, Darwin non aderisce dogmaticamente ad alcun monismo esplicativo e anche per questo la lettura di OdS continua a essere attuale per gli evoluzionisti. Elliott Sober ha notato che nelle successive versioni di una frase particolare di OdS si nota, dal 1859 al 1872, un progressivo favore nei confronti della selezione di gruppo. Così scrive nel 1859 (Sober, p. 82):

15 Darwin, tuttavia, non si spinse mai fino alla teorizzazione di un processo di cernita o di selezione tra specie, essendovi sempre un'estrapolazione a partire dal livello delle differenze individuali.

> *Negli animali sociali la selezione adatterà la struttura di ciascun individuo per il bene della comunità, se ogni individuo di conseguenza riceverà un vantaggio dal cambiamento selezionato.* (p. 152)*

Qui il criterio finale dirimente è il vantaggio individuale, da cui deriva fortuitamente in alcuni casi quello di gruppo. Nella quinta edizione, del 1869 (quando già stava lavorando a *L'origine dell'uomo* e la selezione tra gruppi compare come parte cruciale della spiegazione dell'evoluzione del senso morale umano), la frase cambia leggermente:

> *Negli animali sociali la selezione adatterà la struttura di ciascun individuo per il bene dell'intera comunità, se questo di conseguenza trarrà vantaggio dal cambiamento selezionato.* (p. 152)*

Nell'edizione finale del 1872 rimane soltanto il beneficio della comunità e la selezione di gruppo descrive compiutamente l'intero processo. Solo in presenza di un vantaggio per la comunità vi sarà il cambiamento selezionato:

> *Negli animali sociali la selezione adatterà la struttura di ciascun individuo per il bene dell'intera comunità, se la comunità stessa trarrà di conseguenza vantaggio dal cambiamento selezionato.* (p. 152)*

Nel capitolo sugli istinti, dopo aver descritto le gradazioni che rendono sempre più efficienti (per solidità e per risparmio di tempo e di cera) le architetture dei favi nelle api, ancora una volta il vantaggio acquisito in termini di ereditarietà e di lotta per l'esistenza non è fra individui ma fra sciami:

> *Quel determinato sciame che in tal modo avrà costruito le migliori celle con il minimo lavoro e il minimo consumo di miele nella secrezione della cera avrà avuto più successo e avrà trasmesso i suoi istinti economici recentemente acquisiti a nuovi sciami, che a loro volta avranno avuto le migliori possibilità di successo nella lotta per l'esistenza.* (p. 330)

11. *Il principio di divergenza*

A questo punto Darwin deve finalmente saldare il suo impianto esplicativo centrale (la selezione naturale) con la seconda componente essenziale della sua teoria, la discendenza comune, lo schema genealogico rappresentato dall'albero unificato della vita (Sober, 2011). Da un processo ecologi-

so continuativo e cieco di concorrenza individuale derivano infatti per Darwin anche l'estinzione (pp. 172-173) e l'approfondirsi di divergenze tra interi gruppi tassonomici, sia nello stesso ambiente sia in ambienti separati, fino al punto di moltiplicare le specie e i generi che sono in grado di approfittare delle risorse di quello che oggi chiameremmo un "ecosistema". Qui l'autore deve insomma mostrare che la selezione naturale non si limita a produrre piccoli cambiamenti microevolutivi all'interno di una specie, ma è anche il motore dei cambiamenti evolutivi su larga scala che hanno strutturato la biodiversità attuale. Non esistono muri insuperabili tra specie o "tipi" di individui, come obiettavano i creazionisti di allora (e come obiettano ancora, ignorando ostentatamente sia il senso dell'argomentazione darwiniana sia le sue conferme di un secolo e mezzo di ricerca).

La selezione naturale ha quindi bisogno di un'estensione fondamentale, che non troviamo nei Taccuini e negli scritti preliminari, essendosi palesata nella mente di Darwin a suo dire intorno al 1850: il "principio di divergenza", l'architrave della teoria secondo David Kohn (in Ruse, Richards, 2009), o più precisamente "il principio del vantaggio derivato dalla divergenza dei caratteri (p. 180). Qui Darwin si cimenta in una generalizzazione ardita. Gli ambienti naturali tendono a essere il più densamente abitati possibile (entro i limiti dati dalle risorse disponibili e dalle condizioni fisiche) da popolazioni in continua crescita, diffusione e differenziazione. Due varietà della stessa specie o due specie dello stesso genere avranno più probabilità di persistere se si allontaneranno dalle forme medie della loro specie o del loro genere. Nel naturalista inglese è sempre presente l'idea che un contesto ecologico, sia esso selvaggio o addomesticato come un campo di grano, sarà tanto più sano e robusto quante più varietà e specie distinte conterrà (p. 175): diffidare delle monocolture, perché impoveriscono l'ecosistema e lo rendono alla lunga meno produttivo.

In tutto ciò egli ravvede una sorta di legge di natura universale a beneficio della massima diversità e della divergenza dei caratteri. Le varietà gradualmente divergono e diventano specie distinte. Dato che "una maggiore quantità di vita può essere sostenuta da una grande differenziazione nella struttura" (p. 178), la diversificazione competitiva è sempre vantaggiosa per le specie:

> ...*quanto più i discendenti di una qualsiasi specie si differenziano per struttura, costituzione e abitudini, tanto meglio saranno in grado di occupare nell'economia della natura numerosi posti molto diversi, e così saranno in grado di aumentare di numero.* (p. 175)

Per "posti" da occupare (*places in the polity of nature*) Darwin intende il nutrirsi di un tipo particolare di preda, il frequentare certi luoghi (alberi, acque, praterie, eccetera), l'avere certe abitudini e strutture, lo specializzarsi in coadattamenti con altre specie, il tutto all'interno di un ecosistema integrato. È quindi un concetto molto vicino a ciò che oggi definiamo "nicchia" ecologica. Più le strutture e le abitudini sono differenziate, in un regime di concorrenza, più gli ambienti saranno in salute e ricchi di specie. Ne consegue che i discendenti di ogni specie, in fase di trasformazione o quando si naturalizzano in un nuovo ambiente, cercheranno di assicurarsi "il maggior numero possibile di luoghi il più possibile diversificati nell'economia della natura" (ibid.), anche a scapito degli altri, scalzandosi a vicenda come cunei conficcati nel legno.

Per le stesse ragioni Darwin concepì il lato negativo ma indispensabile del cambiamento, l'estinzione, come un processo graduale di declino nella competizione biotica (con sostituzione finale da parte di altre specie) o più raramente nella competizione abiotica (soprattutto se l'habitat cambia troppo rapidamente), rifiutando risolutamente l'ipotesi di cataclismi improvvisi o di ecatombi di massa, troppo vicina al catastrofismo discontinuista di George Cuvier, e associando l'estinzione a un'inadeguatezza adattativa e competitiva. Nelle conclusioni ribadirà che l'evoluzione è una successione continuativa, mai spezzata in passato da cataclismi che abbiano devastato il mondo intero (p. 553). Le specie non hanno un orologio interno, ma per varie ragioni "quasi mai persistono per più di un periodo geologico" (p. 214). L'estinzione di specie discende quindi direttamente dal principio della selezione naturale, laddove "forme antiche sono soppiantate da forme nuove e perfezionate" (p. 540).

Quando le condizioni di esistenza vengono a mancare, e gli organismi non trovano più nella loro variabilità una risorsa per riprendersi, subentra inesorabile l'estinzione. Se la concorrenza in ambienti affollati è il fuoco che tempra le specie e porta a continui turnover, gli animali che invece sono riusciti a resistere all'estinzione e sono rimasti pressoché simili a se stessi per lunghissimi periodi di tempo (Darwin li definisce "fossili viventi", ma specificando che si tratta di un termine fantasioso – p. 551) diventano casi particolari dovuti all'adattamento ad aree ristrette e a una minore competizione. Dunque la spiegazione darwiniana, per quanto gradualista, può prevedere anche fenomeni di prolungata stasi evolutiva, sempre in un contesto di tipo selettivo.

Le nuove varietà sostituiranno le vecchie e gli abitanti di quell'ambiente finiranno per divergere nei loro caratteri e comportamenti, dando origine a graduali separazioni di linee evolutive negli "alberi di discendenza"

dei viventi, come quelli resi poi immortali nelle opere dello zoologo ed embriologo tedesco Ernst Haeckel, che Darwin cita con ammirazione, dalla quinta edizione, nel penultimo capitolo di OdS:

> *Il professor Haeckel, nella sua* Morfologia generale *e in diversi altri lavori, si è di recente applicato con tutto il peso delle sue cognizioni e della sua capacità a far fare dei passi avanti a ciò che egli chiama filogenesi (*phylogeny*), o linee di discendenza di tutti gli esseri viventi. Per ricostruire le diverse serie egli si affida soprattutto ai caratteri embriologici, ma si serve anche degli organi omologhi e rudimentali, nonché dei periodi successivi in cui si crede che le diverse forme di vita siano comparse per la prima volta nelle nostre formazioni geologiche. Egli ha dunque fatto un primo audace tentativo e ci insegna come la classificazione sarà trattata in futuro.* (p. 501)

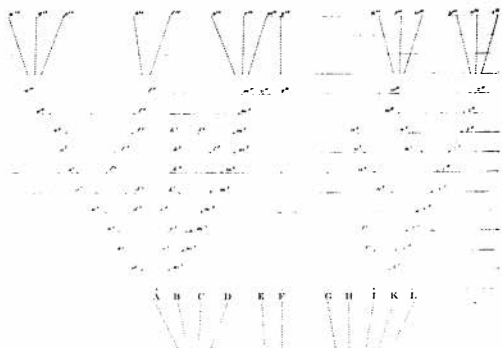
Come Darwin aveva già anticipato a p. 128, la somma delle piccole differenze esistenti tra le varietà tende ad aumentare "fino a dare origine alle grandi differenze che si riscontrano tra le specie". Più in alto nella gerarchia del vivente, "i generi più grandi tendono anche a suddividersi in generi minori. E così, in tutto l'universo, le forme di vita si suddividono in gruppi che sono subordinati ad altri gruppi" (p. 129). Torna dunque, ma ora soltanto a posteriori rispetto alla presentazione del suo nocciolo teorico e filtrata dal principio gradualista, la grande metafora descrittiva dell'albero della vita, che era stata la sua vibrante illuminazione di esordio del luglio 1837. Questa volta però Darwin ci è arrivato per via indiretta, attraverso il motore del cambiamento evolutivo, la selezione, e il principio gradualistico di divergenza.

Discendenza comune e selezione naturale da qui in poi cominciano a marciare insieme per spiegare la grande "filogenesi" unificata della vita. Rispondendo a un'obiezione del 1867, Darwin sottolinea che la variazione (seppur di lieve entità) e la selezione non incontrano limiti nel modificare lentamente una specie, la quale certo oppone resistenza in virtù delle sue strutture preesistenti ma è indefinitamente plasmabile dal lento mutare delle condizioni di vita:

> *... non vedo limite alla quantità dei cambiamenti, alla bellezza e alla complessità dei coadattamenti di tutti gli esseri viventi fra di loro e con le condizioni fisiche di esistenza, che possono essersi effettuati nel lungo corso del tempo attraverso il potere di selezione della natura, cioè per mezzo della sopravvivenza del più adatto.* (p. 172)

Molte pagine del capitolo quarto sono poi dedicate al problema della dispersione delle variazioni, cioè al fatto – notato da alcuni commentatori – che una piccola differenza individuale favorevole rischierebbe ogni volta

di venire diluita nella discendenza, a causa degli incroci con individui che non la posseggono. Per salvare il gradualismo cumulativo della selezione, Darwin si difende sostenendo che forse alcune variazioni si ripresentano spesso (a causa di influenze ambientali simili) e che gli individui modificati tenderanno a formare piccoli gruppi locali, generando una varietà, riproducendosi fra loro ed espandendosi sempre di più. Tuttavia, è consapevole che l'incrocio tra individui distinti è essenziale per rimescolare le variazioni (l'autofecondazione non può essere illimitata, p. 162) e che al contrario la riproduzione in piccoli gruppi di organismi simili e imparentati è sfavorevole. La risposta alle obiezioni solleva insomma ulteriori contraddizioni, perché Darwin è ormai vincolato a un principio teorico forte e non ha per le mani una valida teoria dell'ereditarietà.

Nella seconda parte del capitolo quarto (pp. 176-177) compare l'unico diagramma di OdS, il celebre cono di diversità crescente raffigurante la graduale moltiplicazione e sostituzione delle specie per divergenza dei caratteri a opera della selezione naturale. Natura e storia, lette in un quadro coerente, albero della conoscenza e della vita insieme:

Da undici ceppi iniziali (che si assomigliano in modo diseguale) si sviluppano nuove varietà, nel corso di quattordici passaggi (ognuno dei quali rappresenta mille o più generazioni). Molte linee di discendenza di estinguono senza lasciare eredi (B, C, D, G, H, K, L). Altre perdurano a lungo senza produrre varietà (E). Altre ancora (F) rimangono stabili per tutta la durata del processo, senza ramificazioni, e sopravvivono inalterate. Soltanto due ceppi antenati (A e I), due specie molto diffuse e varianti, dotate di un'enigmatica "tendenza ereditaria alla variabilità" (p. 180) e capaci di soppiantare le specie a loro più affini, danno inizio a una lussureggiante diversificazione di leggere varietà discendenti, che si dipartono come ramoscelli. Le variazioni più divergenti si conservano di più. Da queste numerose divergenze, se utili e selezionate, nascono nuove varietà (in lettere minuscole piccole).

Altre invece si estinguono, soppiantate da rami limitrofi più competitivi, e così sparisce la gran parte degli antenati e delle forme intermedie (p. 183), generando quelle lacune che possiamo colmare soltanto attraverso i fossili. Dopo 14.000 generazioni, quattordici varianti discendenti e modificate sopravvivono fino all'ultimo passaggio, che potrebbe rappresentare la biodiversità attuale di un certo genere di animali o di piante in una data regione. Le specie odierne (lettere minuscole grandi in cima) sono quindi "discendenti modificati" (*modified descendants*), attraverso i numerosi gradini delle variazioni divergenti, delle due forme iniziali A e I. L'evoluzione è *discendenza con modificazioni*. Darwin aggiunge linee tratteggiate convergenti sotto le lettere maiuscole delle undici specie di partenza, perché anch'esse, in tempi anteriori, avranno avuto antenati comuni. Lo schema può dunque valere anche alla scala dei milioni di anni, mostrando la formazione di famiglie e ordini nel corso delle ere geologiche (p. 185). Si sta aprendo il grande scenario darwiniano. La storia della vita è un unico grande albero di discendenza:

> *È un fatto veramente meraviglioso – anche se non ce ne rendiamo conto perché troppo consueto – che tutti gli animali e tutte le piante, attraverso il tempo e lo spazio, siano collegati gli uni agli altri per gruppi, subordinati ad altri gruppi, nella maniera che osserviamo ovunque.* (p. 195)

Il digramma finale è pur sempre uno schema pluralista (contiene stabilità, estinzione, diversificazione, speciazione, convivenze tra progenie e progenitori), ma ben diverso dal "corallo" o "albero irregolarmente ramificato" dei Taccuini, dove le specie erano entità discrete che si moltiplicavano in modi e tempi differenti, con zone più ricche di rapide diversificazioni e

zone di maggiore stabilità. Qui la speciazione appare come una lenta e uniforme separazione di ramoscelli, attraverso una moltitudine di varianti divergenti a partire da un ceppo ancestrale. Ne discende un'immagine di diversificazione graduale e regolare. Tuttavia, rimane centrale il principio di proporzionalità fra il grado di differenza tra due specie (inteso come somma dei caratteri divergenti) e l'antichità dell'antenato comune: due specie sopravvissute saranno tanto più affini fra loro quanto più è recente il loro antenato comune, cioè il nodo di partenza dei loro due rami (p. 184).

Nell'introdurre il secondo pilastro della sua teoria, la discendenza comune, Darwin è in qualche modo costretto a sottolineare il più possibile la continuità e la gradualità del cambiamento. Le morfologie dei discendenti sono versioni modificate degli antenati, in un processo continuativo di trasformazione del complesso dei loro caratteri, come accade per piante e animali addomesticati dall'uomo. L'estrapolazionismo darwiniano pretende il suo prezzo teorico. Darwin è per esempio disposto ad ammettere che ogni tanto in natura vi siano "grandi distruzioni" accidentali (p. 153), ma è sufficiente che vi sia il combustibile della variabilità e alla fine, tra i superstiti, "gli individui più adatti tenderanno a moltiplicarsi in numero maggiore degli individui meno adatti, sempreché vi sia una certa variabilità in senso favorevole" (ibid.).

Anche il meccanismo di speciazione che ha in mente ora è diverso da quello dei Taccuini. A p. 168 ammette l'importanza dell'isolamento geografico, ma principalmente per rispondere all'obiezione della dispersione della variazione: in territori isolati e remoti, la selezione naturale tenderà insistentemente a produrre una variante geografica distinta e la variazione non si disperderà nell'incrocio con gli abitanti di zone circostanti. L'isolamento è utile per compattare la variazione, ma riduce la pressione selettiva[16]. In un'aggiunta della quinta edizione, Darwin però dissente dal naturalista Moritz Wagner (ibid.) quando asserisce che migrazioni e isolamento sarebbero condizioni necessarie per la speciazione. L'isolamento può essere talvolta un fattore facilitante (perché favorisce la separazione di nuove

16 Oggi sappiamo che non è così. L'isolamento geografico è responsabile di una grande quantità di processi di speciazione, allorquando la barriera fisica si trasformi in una barriera riproduttiva, come peraltro il giovane Darwin aveva intravisto nei Taccuini. Dato che la selezione naturale e la deriva genetica agiscono su una popolazione più ristretta, l'intero processo di speciazione può concludersi in modo rapido. Tuttavia, queste speciazioni "puntuazionali" sono compatibili con la spiegazione darwiniana perché durante l'isolamento sono proprio i meccanismi darwiniani classici, più la deriva, a produrre la separazione biologica delle popolazioni.

varianti, dando loro il tempo di consolidarsi), ma se la popolazione isolata è troppo piccola c'è meno competizione, non c'è spazio per variazioni favorevoli e dunque nemmeno per la selezione naturale.

Nel capitolo dodicesimo (sulla distribuzione geografica) isolamento e migrazione sembrano avere una maggiore importanza. Tuttavia è chiaro in un passo di quel capitolo che la nascita di nuove specie non avviene a partire "da una coppia o da un ermafrodito", bensì da una popolazione iniziale i cui individui (comunque numerosi) si incrociano fra loro e accumulano tutti insieme modificazioni divergenti (p. 436). Darwin sta optando per un modello di speciazione che oggi definiremmo "parapatrica", cioè in grandi aree contigue, instabili ecologicamente, con tante specie in competizione, una selezione che agisce lentamente, senza necessariamente isolamento geografico netto di una popolazione dalla specie madre:

> *Sebbene l'isolamento abbia molta importanza nella produzione di nuove specie, in complesso sono propenso a credere che l'ampiezza di una regione sia ancora più importante specialmente per la produzione di specie capaci di perpetuarsi per un lungo periodo e diffondersi ampiamente. Una regione grande e aperta non offre solamente migliori possibilità di variazioni favorevoli grazie al gran numero di individui della stessa specie che l'abitano, ma offre condizioni di vita assai più complesse a causa del gran numero di specie già esistenti.* (p. 169)

È proprio la minore concorrenza in aree piccole a spiegare secondo Darwin l'esistenza di specie rimaste molto stabili per tantissimo tempo, le quali, "come fossili, collegano in una certa misura ordini attualmente assai distanti nella scala naturale" (p. 170). Alcune delle forme più anomale di animali, come l'ornitorinco[17], sono in realtà "fossili viventi", cioè "forme conservate fino a oggi perché hanno abitato un'area limitata e perché sono state esposte ad una concorrenza meno varia e, di conseguenza, meno dura" (ibid.). In un altro senso, esse sono "specie aberranti", perché di origine molto antica, con tutte le specie affini estinte e dunque rimaste isolate in una collocazione intermedia rispetto a molte forme attuali (p. 498). Si noti che per Darwin l'evoluzione non è un fenomeno necessario: date certe circostanze che indeboliscono i fattori di cambiamento (variazione e selezione), l'evoluzione rallenta a tal punto da dare l'apparenza di una stasi.

17 Alla fine del capitolo equiparato a "un pollone che spunta da una biforcazione posta alla base" del grande albero della vita, un germoglio favorito dalla sorte e ancora vivo alla sommità dell'albero, sicché risulta intermedio tra due rami molto distanti dell'albero (p. 195).

È ciò che accade alla specie F nel diagramma, quella di origine più antica e meno strettamente affine alle due specie dominanti A e I.

12. *Irregolarità o pienezza della natura?*

È interessante notare qui che gli attuali "alberi filogenetici" delle specie (la metafora ha avuto successo duraturo ed è la stessa dopo un secolo e mezzo) – ottenuti oggi attraverso metodi di comparazione di dati molecolari, morfologici e paleontologici – sono molto più simili all'irregolare corallo darwiniano giovanile che allo schema di diversità crescente della maturità, basato sul principio di divergenza e moderato dalle esigenze teoriche del gradualismo. Noi oggi infatti sappiamo che la continuità della discendenza comune e l'azione della selezione naturale non sono pregiudicate in alcun modo dal riconoscimento di una molteplicità di processi speciativi, non necessariamente lenti e graduali, e non soltanto di tipo parapatrico.

Tuttavia, precisa Darwin poche righe dopo, quasi presagendo le critiche,

> *Ma debbo qui rilevare che non credo che il processo si svolga sempre così regolarmente come è rappresentato nel diagramma, sebbene in questo sia già alquanto irregolare, né che proceda continuativamente; è molto più probabile che ciascuna forma rimanga inalterata per lunghi periodi e che poi nuovamente si modifichi.* (p. 181).

Si tratta di un'annotazione cruciale. La selezione è un meccanismo ecologico fluttuante e locale, lento e intermittente (p. 171), il cui protagonista è l'organismo immerso in un ambiente attivo. Ciò che occorre è un rifornimento costante di variazione, una dose permanente di cambiamento ambientale e il principio di massima divergenza delle popolazioni. Ma poi le contingenze degli eventi e i "rapporti infinitamente complessi" (ibid.) all'interno degli ecosistemi rendono ogni schema irregolare, producendo anche linee senza varietà divergenti, stabili nel tempo come E e F nel diagramma.

In una delle rare occasioni in cui Darwin si lancia in visioni sul futuro, sostiene che la predizione più probabile è che i gruppi di esseri viventi oggi più diversificati e dominanti continuino a prevalere, proprio perché già ben differenziati, portando all'estinzione una moltitudine di generi più piccoli, tuttavia subito aggiunge:

Ma nessuno può predire quali gruppi infine prevarranno, poiché sappiamo che molti gruppi, in precedenza sviluppati al massimo, sono attualmente estinti. (p. 187)

Si intravede un conflitto tra l'indomabile e imprevedibile irregolarità della natura e la ricerca darwiniana di una legge unificante. Adesso la selezione naturale diviene causa diretta di tutti i fenomeni principali presenti nell'albero della vita: le ramificazioni o divergenze di nuove specie; la loro talvolta apparente stabilità; le "potature" sotto forma di estinzione, cioè il meccanismo di controllo, anch'esso selettivo, che impedisce il proliferare infinito delle specie (pp. 194-196). Su questo puntello teorico, che fa da ponte verso la seconda e la terza parte di OdS, Darwin sembra però consapevole del fatto che si tratta di una generalizzazione "macroevolutiva" un po' più speculativa. Essa infatti presuppone una tendenza generale al continuo incremento della quantità totale di viventi in una data regione, dovuta alla progressiva diversificazione a ventaglio delle specie che vanno a "riempire" tutte le lacune disponibili massimizzando il rendimento complessivo.

È il vetusto principio della "pienezza della natura" – che già faceva capolino nella metafora dei cunei fittamente conficcati nell'economia della natura e che ritroviamo anche nei frequenti riferimenti darwiniani alla "scala della natura" – o anche se vogliamo un'ingegnosa trasposizione biologica del principio della divisione del lavoro e dei vantaggi della specializzazione teorizzato da Adam Smith. Darwin infatti ammette che è un principio analogo a quello della "divisione fisiologica del lavoro negli organi nel singolo individuo" illustrato da Milne-Edwards (p. 179, e poi p. 274). La "tendenza naturale a moltiplicarsi" e a specializzarsi porta a diversificare abitudini, strutture e nicchie ecologiche, in competizione con altre specie. In un gioco a somma zero (che vale per Darwin soprattutto per specie affini e limitrofe), se qualcuno ha successo e si diffonde, qualcun altro è destinato a soccombere.

Ricordiamo che l'*explanandum* di Darwin in OdS è duplice: deve spiegare in termini di selezione naturale gli adattamenti degli esseri viventi, così vividamente descritti dai teologi naturali inglesi, e la diversificazione delle specie a partire da antenati comuni. Allora, proprio come nell'economia politica individualistica di Smith, temendo di dover introdurre agenti causali di livello superiore o altre interferenze esterne Darwin insiste nel ricondurre divergenza e pienezza della natura alla sola azione cumulativa della selezione naturale operante attraverso la lotta tra singoli organismi. È pertanto costretto a ipotizzare che in una specie in espansione il processo

di selezione, nell'assortimento di variazioni casuali, favorisca sempre le varianti più estreme e più divergenti (come fanno gli allevatori quando devono avviare la separazione di una nuova razza, p. 174), quelle cioè adattate alle nicchie più periferiche, in un processo di specializzazione che poi condurrà alla sostituzione delle specie progenitrici. Ecco perché nel diagramma di OdS le due specie di partenza che lasciano discendenti sono verso gli estremi della configurazione:

> *In un qualsiasi genere, le specie che già sono molto differenti le une dalle altre nel carattere, tenderanno generalmente a produrre il più gran numero di discendenti modificati, poiché esse avranno la migliore probabilità di occupare posti nuovi e assai diversi nell'economia della natura.* (p. 183)

In realtà, come vedremo qui nel capitolo quinto, selezione naturale e discendenza comune possono davvero stare insieme solo se: 1) ipotizziamo, come in effetti Darwin fa, che la selezione naturale non sia onnipotente, ma abbia bisogno dell'integrazione di altre cause del cambiamento, e 2) diamo alla teoria evoluzionistica una veste pluralista, con più ritmi e più livelli possibili di cambiamento.

III

LA CINTURA DIFENSIVA

Evocata poeticamente alla fine del capitolo quarto (p. 195) la similitudine del "grande albero della vita" (*great Tree of Life*)– "che riempie con i suoi rami morti e spezzati la crosta terrestre e ne copre la superficie con le sue sempre nuove e meravigliose ramificazioni" (*ever-branching and beautiful ramifications*) (p. 196)* – la seconda parte della struttura argomentativa di OdS è dedicata in parte alle "prove di fatto" (p. 194) e in parte all'innalzamento delle opportune difese teoriche.

Si inizia con la trattazione delle leggi della variazione, "l'altro lato" del suo lungo ragionamento, le cui leggi "molto complesse" (dirà nella conclusione, p. 533) sono la crescita correlata, la compensazione, l'accresciuto uso e disuso delle parti, l'azione dei condizionamenti ambientali. Si prosegue con l'approfondimento delle condizioni al contorno che permettono "l'inconsapevole processo" (ibid.) della selezione naturale nel separare le specie, come la sterilità dei primi incroci e degli ibridi, "risultato accidentale di differenze nel sistema riproduttivo delle specie progenitrici" (p. 339) e con l'estensione delle sue applicazioni, per esempio ai comportamenti istintuali e alle facoltà mentali, nel capitolo ottavo, dove discute a lungo degli insetti eusociali. Molte pagine sono poi dedicate alla proposta di ipotesi ausiliarie che permettano di superare alcune obiezioni potenzialmente critiche per la teoria: i capitoli sesto e settimo, principalmente centrati sugli stadi incipienti di strutture complesse; e il capitolo decimo, sulla "imperfezione della documentazione geologica" e sull'improvvisa comparsa di interi gruppi di specie affini.

Si tratta per certi aspetti della parte più disomogenea e difensiva, dove cerca sia di proteggere il suo nucleo teorico (variazione ereditabile, lotta per l'esistenza, selezione naturale) e le assunzioni di base (l'organismo singolo come livello causale primario, l'esternalismo e il continuismo), sia di anticipare le prevedibili mosse degli avversari contro il suo gradualismo stretto, ora esteso anche alla scala del tempo geologico. Nel riassunto finale del capitolo ottavo fa un passo indietro per poi attaccare:

> *Non pretendo che i fatti segnalati in questo capitolo rafforzino notevolmente la mia teoria: ma mi pare che nessuna delle difficoltà riferite sia tale da distruggerla.* (p. 337)

Poi però rilancia mostrando come le imperfezioni degli istinti, le loro gradazioni, la sopravvivenza differenziale di individui e gruppi, come anche il canone della storia naturale "Natura non facit saltum" applicabile agli istinti come a ogni struttura corporea, tutto ciò "è chiaramente spiegabile sulla base della precedente teoria, altrimenti è inspiegabile: tutto tende a corroborare (*corroborate*) la teoria della selezione naturale" (ibid.)*. Nelle conclusioni, abbondantemente rimaneggiate nel corso delle sei edizioni, ribadirà questo concetto (p. 533).

1. *L'altro lato del lungo ragionamento*

È significativo che in OdS Darwin descriva l'evidenza della variazione nei primi due capitoli, come una delle premesse fondamentali del suo ragionamento, ma poi senta il bisogno di tornarvi nel capitolo quinto, discutendo delle "leggi" della variazione (termine alquanto impegnativo – p. 197), come per difendere da potenziali obiezioni il pilastro empirico che sta a monte della struttura esplicativa della selezione naturale. È il punto della sua architettura dove si sente meno sicuro, lo dice chiaramente: così per compensazione sommerge induttivamente il lettore di nudi fatti e discute modelli alternativi per interpretarli. Capisce che la variabilità in natura è la sorgente fondamentale di ogni cambiamento e di ogni novità evolutiva, ma gli mancano le basi per capirne gli ingranaggi interni. Ha innalzato il suo edificio teorico a partire da dati osservativi robusti, ma di cui non conosceva le cause, come una casa costruita a partire dal tetto e non dalle fondamenta. È dunque ancor più stupefacente che le basi molecolari del vivente, scoperte (e riscoperte) decenni dopo la sua morte, agli inizi del nuovo secolo, fossero proprio le fondamenta corrispondenti della casa che lui aveva costruito e non di un'altra.

Il sistema riproduttivo era per lui un orizzonte osservativo assai difficile da travalicare. Non seppe infatti districarsi fra i problemi concettuali sollevati dalla sua teoria, errata, circa le cause di trasmissione dei caratteri. Non sapendo che cosa fosse un gene o un cromosoma, né intuendo le leggi della trasmissione ereditaria particellare (i lavori di Gregor Mendel degli stes-

si anni passarono pressoché inosservati e non attirarono la sua attenzione[1]), era convinto che l'ereditarietà avvenisse per "pangenesi", cioè attraverso il mescolamento di gemmule nel sangue. Ipotizzando questa fusione di particelle riproduttive però – gli fecero notare – qualsiasi novità adattativa che emergesse in una popolazione verrebbe subito "diluita" negli incroci con gli altri e si perderebbe a causa della riproduzione sessuale.

Anche il fatto che la variazione fosse "casuale" era allo stadio di intuizione osservativa: le cause interne della variazione gli apparivano oscure, dunque "casualità" ha un significato epistemologico di "ignoranza sulla causa di ogni variazione particolare" (p. 197), ma la condizione stringente affinché la selezione naturale non perdesse il suo valore di meccanismo direttivo era che la variazione derivasse da un'insorgenza spontanea e autonoma, non istruita direttamente dall'ambiente. Le pressioni adattative non fanno emergere automaticamente variazioni all'uopo, secondo percorsi preferenziali o tendenze, ma è la sopravvivenza differenziale che filtra varianti di per sé intrinsecamente non direzionate. Dunque la variazione doveva essere per Darwin abbondante, di lieve entità, isotropica e non direzionale.

Tuttavia, per dare più incisività alla variazione stessa non disdegnò di recuperare a più riprese le idee di Lamarck sugli effetti ereditabili dell'uso e del disuso (p. 199). Nelle lunghe risposte alle obiezioni aggiunte nella sesta edizione, al capitolo settimo, attribuisce addirittura a se stesso e al libro sulla variazione del 1868 il miglior trattamento scientifico degli "effetti dell'aumentato uso e non uso delle parti" (p. 274). Non mancano i casi, decisamente confusi agli occhi di un biologo contemporaneo, in cui Darwin ipotizza che un'abitudine acquisita in età avanzata "sia stata successivamente trasmessa alla discendenza, in una età più precoce" (p. 289), per esempio l'istinto di succhiare alla mammella nei neonati dei mammiferi o la tecnica di rottura dell'uovo da parte del pulcino. Anche nell'evoluzione degli istinti in generale, l'abitudine potrebbe aver avuto un ruolo (è possibile che "un'azione abituale divenga ereditaria" – p. 306), ma tutto sommato "di secondaria importanza" rispetto all'accumulo di gradazioni per selezione naturale. Quando tratta l'evoluzione delle caste sterili negli insetti approda invece, come abbiamo visto, a una soluzione puramente selettiva che si contrappone apertamen-

1 Secondo Jonathan C. Howard, ciò che impedì a Darwin di comprendere le leggi dell'ereditarietà fu, oltre alla sua minore dimestichezza con la matematica e con la statistica, la focalizzazione sulle piccole variazioni quantitative come materiale di base per i processi selettivi. Concentrandosi su variazioni scalari e continuative (che oggi sappiamo essere causate da complesse interazioni genetiche che sommano i loro effetti), non notò il carattere discreto dell'ereditarietà. Stava guardando nel posto sbagliato (Howard, 2009).

te a Lamarck: "Sono meravigliato che nessuno abbia finora proposto questo caso dimostrativo degli insetti neutri contro la ben nota teoria delle abitudini ereditate, avanzata da Lamarck" (p. 336).

Il rapporto con il francese resta ambiguo e contrastato. Quando descrive l'evoluzione degli uccelli inetti al volo o degli occhi atrofizzati delle talpe, nel corso di numerose successive generazioni, sembra intendere il "prolungato non uso" come una normale pressione selettiva (p. 200 e poi p. 522) oppure come un effetto combinato di selezione e non uso (p. 202 e p. 313 sugli istinti di animali selvatici e domestici). Eppure troviamo numerose concessioni alla trasmissione di caratteri acquisiti (in casi patologici e non solo) e al ruolo delle "condizioni di vita" nel modulare direttamente la variabilità degli organismi (per quanto sottoposta comunque in ultima analisi, è bene ricordare, al vaglio della selezione naturale). Darwin non ha problemi ad accettare l'idea che, in caso di variazioni "di lievissima utilità" (nel pelo, nei colori del piumaggio, e così via), il clima e l'ambiente possono far variare gli organismi di una stessa specie in virtù di una loro plasticità di struttura (p. 198). Ritiene però più importante la "ordinaria tendenza a variare", una forza interna di cui tuttavia "ignoriamo completamente le cause". Sta chiaramente barcamenandosi in una dimensione del mondo vivente di cui gli sfuggono le leggi fondamentali.

Non mancano anche qui intuizioni osservative notevoli. Animali e piante, nota Darwin, sono dotati di una "grande e congenita flessibilità di costituzione" (*innate flexibility of constitution*) (p. 205) che permette loro, per esempio, di acclimatarsi in regioni con temperature diverse. Il processo di acclimatazione avverrà per un misto di "abitudine" (cioè uso e non uso) e di selezione naturale, che avvantaggia gli individui provvisti di una costituzione più flessibile. Dunque la selezione può interagire anche con il grado di plasticità (oggi diremmo "fenotipica") degli organismi. Potranno quindi esistere adattamenti subitanei dovuti a tale flessibilità (per esempio in piante capaci di sopravvivere in climi eterogenei) e adattamenti lungamente sedimentatisi per selezione naturale.

Nonostante i tentennamenti circa l'ereditarietà, l'idea che la variazione emergente nelle popolazioni di organismi fosse "non direzionata" nel senso di priva di un piano preordinato, e che dunque non fosse rintracciabile nella storia naturale alcun disegno provvidenziale e alcun principio finalistico, era sempre ben salda nella sua mente e lo si nota dalla sua corrispondenza privata. Le variazioni hanno cause (fisico-chimiche) e correlazioni di sviluppo, ma non scopi.

Il tema della variazione viene definito da Darwin, nell'ultimo capitolo di OdS, come "the other side of the argument", l'altro lato del suo lungo ragionamento (p. 533): un lato più scivoloso, certamente, ma non per questo meno interessante; di sicuro, il lato meno noto e meno studiato dell'opera del naturalista inglese. Le variazioni individuali degli organismi allo stato domestico (con gli allevamenti casalinghi di colombi, gli studi nella serra e l'indagine a vasto spettro sui meccanismi della selezione artificiale), allo stato di natura (con i suoi otto anni di immersione nel variegato universo dei cirripedi) e negli stati intermedi erano state il suo principale fuoco di interesse, al limite dell'ossessione, nella seconda metà degli anni quaranta e per tutti gli anni cinquanta. Qualunque sia la causa specifica di ciascuna leggera variazione (e non la conosciamo, ripete Darwin) "il costante accumularsi di differenze vantaggiose" (p. 226) è ciò che ha portato alle più importanti modificazioni della struttura degli organismi, in relazione all'ambiente in cui vivono e sono vissute. Come nell'uniformitarismo di Lyell, traslato in biologia, da una somma di piccoli cambiamenti, attraverso il setaccio della selezione, si ottengono le maggiori trasformazioni.

Dal meccanismo di selezione naturale Darwin deduce, con grande acutezza, anche i requisiti necessari affinché la variazione possa fungere in tal modo da combustibile del cambiamento evolutivo (e non viceversa). Essa deve in primo luogo venir prodotta a ogni passaggio generazionale in modo abbondante, incessante e sicuro, poiché la selezione non la genera da sé e ne ha bisogno come di un materiale grezzo. La variabilità, per Darwin, non può dunque avere limiti rigidi: se il rubinetto della variazione si chiude, la selezione naturale si inceppa.

Le variazioni però, nella loro pervasività e capillarità, devono in secondo luogo essere di piccola entità (come "un grano sulla bilancia" capace, sommandosi ad altri, di spostare l'equilibrio, p. 534), cioè non in grado di produrre da sole tratti complessi o addirittura nuovi piani corporei. In caso contrario, la variazione interna diverrebbe la forza primaria del cambiamento (come sosterranno saltazionisti e macromutazionisti ai primi del Novecento, ma come già pensavano alcuni avversari contemporanei di Darwin), generando salti evolutivi occasionalmente di successo e relegando la selezione al ruolo marginale di ratifica di un cambiamento già avvenuto altrove. In diversi passaggi di OdS Darwin spiega, appoggiandosi all'analogia della selezione artificiale, che "variazioni grandi e improvvise" (p. 302) sono improbabili allo stato di natura, perché: 1) si presentano troppo di rado (e dunque scompaiono negli incroci successivi); 2) sono quasi sempre negative, come le mostruosità occasionali, proprio a causa dei loro effetti troppo vasti sull'organismo; 3) per fissarsi in una popolazio-

ne dovrebbero comparire contemporaneamente in molti individui. Specie e varietà, così come strutture differenti fra loro, sono legate sempre in Darwin da una serie indefinita di "gradazioni numerose e straordinariamente sottili" (ibid.).

Qui entra però in gioco il tipico pluralismo darwiniano, alimentato dal suo spirito di osservazione. Benché le variazioni debbano essere di portata limitata, il soggetto che varia in Darwin è sempre l'organismo, cioè un tutt'uno integrato, e quindi le variazioni hanno sempre un valore relazionale. Ne deriva l'importanza delle variazioni correlate e delle correlazioni di crescita (*correlations of growth*), che sono indipendenti dall'utilità e perciò dalla selezione naturale (p. 207). Per variazione correlata (*correlated variation*) si intende

> *...che le diverse parti dell'organismo sono così strettamente collegate durante l'accrescimento e lo sviluppo, che quando compaiono, in qualsiasi parte, leggere variazioni, e si accumulano per selezione naturale, le altre parti subiscono modificazioni. Questo è un argomento di grande importanza, molto imperfettamente compreso, e in cui senza dubbio classi di fatti completamente differenti possono facilmente essere confuse l'una con l'altra.* (p. 206)

A volte le correlazioni sono dovute all'eredità di precedenti strutture a loro volta selezionate (p. 209), che diventano caratteri generici poco variabili (p. 216), come cristallizzazioni del passato figlie della discendenza comune, ma è pur vero che la selezione naturale può avere effetti collaterali del tutto privi di funzioni, dovuti ai vincoli di struttura degli organismi e ai vincoli dello sviluppo embrionale[2], che legano talvolta in modo oscuro parti diverse degli animali (come notò Isidore Geoffroy Saint-Hilaire studiando la frequenza di certe malformazioni e l'assenza di altre – p. 207). In questo caso l'impronta dell'inutilità di alcune strutture può persino essere utile ai sistematici per caratterizzare le specie:

> *Perciò le modificazioni della natura, ritenute di grande valore dai sistematici, possono essere completamente dovute alle leggi della variazione e della correlazione, senza essere, per quanto ci è dato di giudicare, minimamente utili alla specie.* (p. 209)

2 Un'interessante annotazione darwiniana circa l'evoluzione dello sviluppo è che le "parti multiple" o ripetute degli organismi (come le vertebre nei serpenti e gli stami in alcuni fiori) siano più soggette a variazione delle altre, ovvero che siano un terreno favorevole per la sperimentazione di innovazioni evolutive (p. 211).

Pertanto in natura possono esistere modificazioni strutturali permanenti che non sono di alcuna utilità, cioè non hanno alcuna funzione e non sono state selezionate. Non è vero, dunque, che nella visione darwiniana ogni carattere deve servire a qualcosa. Anzi, anticipando sul piano delle morfologie un tema "neutralista" divenuto di grande attualità nella genetica degli anni settanta del Novecento, sono proprio le strutture più rudimentali e soprattutto quelle non funzionali a variare di più, perché in quanto inutili "la selezione naturale non ha avuto possibilità di controllare le deviazioni di struttura" (p. 211)*. Alla fine del capitolo quinto ripete: "Gli organi rudimentali, essendo inutili, non sono controllati dalla selezione naturale e sono perciò variabili" (p. 225). Dunque inutilità significa maggiore variabilità (p. 522). Anzi, nel capitolo settimo Darwin si spinge a ipotizzare che all'inizio "le differenze morfologiche che consideriamo importanti" siano comparse "in molti casi come variazioni fluttuanti" (p. 273).

Da questo nesso fra non-funzionalità e variabilità discende "uno strano risultato" che per Darwin è della massima importanza per comprendere i rapporti non banali tra discendenza comune e selezione naturale: cioè che proprio "i caratteri di lieve importanza vitale sono i più significativi per i sistematici" (p. 273)*. I caratteri meno soggetti a selezione, come vedremo, sono i più diagnostici in termini di discendenza comune, i più affidabili per ricostruire le parentele tra gli esseri viventi.

2. *I segreti sfuggenti dell'ereditarietà*

Ciò detto, per Darwin, di norma, la selezione presiede il processo, avendo il sopravvento sui differenti gradi di variabilità degli organi[3], e macina lentamente variazioni di lieve entità, accumulando effetti impercettibili che sul lungo periodo, secondo il principio uniformitarista, si traducono in grandi cambiamenti senza presupporre forze o eventi speciali. Ne discendono logicamente non soltanto il rifiuto di qualsiasi discontinuità del cam-

3 Darwin per esempio inferisce che una parte molto sviluppata in una specie avrà una maggiore tendenza a variare, rispetto alla stessa parte in specie affini, perché altrimenti la selezione non avrebbe avuto modo di modificarla fino a quel punto (pp. 211-214). Le parti variate di recente tenderanno ancora a variare di più. Tra variabilità intrinseca (e tendenza alla reversione) e selezione Darwin vede spesso una dialettica, con la selezione che alla fine lentamente prevale. Tuttavia, la selezione non è onnipotente e gli organismi per molti caratteri possono restare "in una condizione fluttuante" (p. 213).

biamento e la riaffermazione dell'esistenza di una dinamica storica ininterrotta (la continuità evolutiva), ma anche un gradualismo piuttosto stretto circa i modi e i ritmi della trasformazione, che un perplesso Thomas H. Huxley, commentando il motto "Natura non facit saltum" presente in OdS, definirà "una difficoltà inutile".

L'ereditabilità delle nuove varianti era un presupposto altrettanto cruciale, perché qualsiasi variazione non ereditaria, per quanto utile, sarebbe ininfluente per il meccanismo di selezione naturale. Ipotizzato che le cause della variazione potessero risiedere nelle perturbazioni accidentali esterne sul processo di riproduzione, negli effetti degli incroci o in una misteriosa tendenza interna a variare (compresa la tendenza a variare in modo analogo, p. 494) – barcamenandosi così tra influssi esterni e vincoli interni, ma senza mai mettere in discussione il fatto che la selezione non produce da sé le variazioni – restava da chiarire come questi "errori di trasmissione" fossero poi a loro volta ereditati. Dato che la variazione è onnipresente, le leggi che presiedono alla sua ereditarietà dovevano basarsi, secondo Darwin, sull'unificazione esplicativa di tutti i fenomeni della riproduzione, animale o vegetale che fosse (per via sessuata, oppure vegetativa, per rigenerazione, per variazioni somatiche in specifiche parti, e così via), inclusa quella umana.

Il capitolo quinto di OdS è un saggio su come un sagace naturalista di metà Ottocento – tra errori, pregiudizi infondati e buone intuizioni osservative – poteva ragionare sulle "leggi" della variazione senza conoscere minimamente la genetica. In *Variazione*, Darwin introdurrà tre capitoli sulle "leggi dell'eredità" (12-14) e soprattutto un capitolo finale, il ventisettesimo, che rappresenta l'unica teoria compiuta priva di corrispettivi già presenti o accennati in OdS, benché ci stesse ragionando dagli anni quaranta: la dibattuta (già al suo tempo) "ipotesi provvisoria" della "pangenesi", volta alla spiegazione integrata di ereditarietà e variazione. Ad avviso del naturalista inglese – influenzato dai trattati di Prosper Lucas sull'eredità naturale usciti alla fine degli anni quaranta e dalle prime enunciazioni della teoria cellulare – ciascuna parte elementare o unità fondamentale dell'organismo produrrebbe una propria gamma di entità corpuscolari con funzione ereditaria, le "gemmule", di cui si postula l'esistenza benché non siano mai state osservate. Questi micro-ovuli si moltiplicano (per divisione e per emissione di granuli), si diffondono producendo cellule simili a quelle da cui provengono, e si aggregano per affinità reciproche dando così ciascuno "rappresentanza" della propria porzione corporea nelle gemme e negli elementi sessuali. Inoltre, si possono trasferire alla discendenza nel corso della fecondazione e della riproduzione: la trasmissione può dare origine al

loro sviluppo immediato nella prole, oppure restano silenti per più generazioni e se non si disperdono prima possono ricomparire. Su questi presupposti si fonderebbero, seguendo Lucas, "le leggi della somiglianza del figlio con i suoi genitori", che valgono anche nel caso di unione di due individui appartenenti a varietà diverse (p. 368).

Le gemmule manifestano i loro effetti per Darwin anche nei processi di accrescimento, di rigenerazione, di riproduzione asessuata. È una sorta di proprietà generativa globale (pan-genesi) degli organismi, presente nello sviluppo individuale ed ereditabile. Così una mutilazione non è ereditaria (p. 200), perché le gemmule della parte lesa si sono già formate durante lo sviluppo dell'individuo e vengono ancora ereditate dai suoi discendenti. Se però la mutilazione si infetta, le gemmule vengono distrutte nel tentativo di riparare il danno e non si trasmettono più: così un carattere acquisito (ma solo perché patologico) verrebbe ereditato. Dunque la modificazione delle gemmule (da cui dovrebbe derivare la variazione) avviene a causa del mutare delle condizioni di vita che incidono sull'organizzazione di un organismo e sul suo sistema riproduttivo, a causa dell'uso e del disuso, di correlazioni variazionali e di altri fattori di perturbazione che mantengono sia un carattere interno sia un carattere esterno.

Darwin discute poi i casi di trasmissione limitata (per sesso o periodo di vita), di reversione a tratti presenti nelle generazioni precedenti o nello stato primitivo dell'antenato comune di un gruppo (pp. 219-224: dove discute il caso della frequente ricomparsa di striature di colore nel mantello degli equini), della preponderanza di caratteristiche portate da uno dei due genitori, degli effetti nocivi della consanguineità (per lui, sposato con una cugina di primo grado, era diventato un motivo di costante preoccupazione per la salute dei suoi figli). Gli incroci fra individui troppo strettamente imparentati sono causa per Darwin anche della sterilità progressiva degli ibridi fra due specie distinte, che continuano ad accoppiarsi fra loro. Ne deriva un principio generale indubbio:

> *Da una parte, l'incrocio occasionale con un individuo o con una varietà distinta aumenta il vigore e la fecondità della discendenza e, dall'altra, gli incroci fra consanguinei diminuiscono il loro vigore e la fecondità.* (p. 342)

Ogni carattere vecchio o nuovo manifesta dunque la tendenza a essere trasmesso, a meno che fattori di irregolarità non introducano disturbi. L'incrocio, da par suo, gioca un ruolo ambiguo, perché ricombina i caratteri e sbiadisce le razze esistenti, ma può anche far sorgere nuove varianti favorite dalla selezione e dunque nuove varietà incipienti. È tutto un

gioco di antagonismi fra le inerzie della trasmissione e le novità della variazione, in un quadro in cui convivono l'esistenza di "particelle" ereditarie, il loro mescolamento ma anche la costante produzione di variazioni divergenti nelle popolazioni.

La pangenesi, oltre a non convincere molti genuini darwiniani come Huxley e Joseph Hooker, era esposta alla critica pertinente secondo la quale l'eredità per mescolamento di gemmule avrebbe vanificato l'azione della selezione naturale su qualsiasi insorgente variazione favorevole (subito "diluita" nella discendenza). Critiche circostanziate alla pangenesi giunsero anche dal botanico italiano Federico Delpino, i cui saggi furono letti e annotati con attenzione dal naturalista inglese. Francis Galton aveva cercato le "gemmule" nel sangue dei conigli, mescolandole fra razze diverse per trasfusione, ma senza alcun effetto, ancor meno di tipo ereditario. Darwin rintuzzò a più riprese le obiezioni sostenendo che la dispersione poteva non essere per via sanguigna o linfatica ma direttamente nei tessuti, che l'eredità non avveniva solo per fusione in caratteri intermedi, ma anche per combinazione di caratteri eterogenei, vecchi e nuovi, trasmessi dalle particelle ereditarie. Più aggiungeva ipotesi ausiliarie e più le difficoltà empiriche aumentavano[4].

Tuttavia, a dispetto di quanto si potrebbe intuire, è proprio la disparità fra queste incongruenze e la duratura solidità dell'impianto teorico darwiniano a sbalordire. Ciò che conta, infatti, al di là di queste schermaglie è che le due catene causali della variazione e della selezione sono indipendenti e qui sta la ragione della refrattarietà del nocciolo darwiniano alla confutazione definitiva della teoria della pangenesi che arriverà alcuni anni dopo. Il dato sorprendente è che la confusione circa i meccanismi dell'ereditarietà non inficiava il nucleo variazione-selezione: la variazione fluttua in tutte le direzioni, qualunque ne siano le cause, mentre la selezione stabilizza, rinforza, fa prevalere una varietà, ne fa divergere una nuova. L'ereditabilità della variazione è per lui un dato osservativo, il combustibile del cambiamento, e ciò che conta è che esso alimenti senza sosta il processo plasmante della selezione naturale.

4 Nell'*Autobiografia* sembra quasi arrendersi e a proposito della "denigrata ipotesi della pangenesi" conclude: "Un'ipotesi non verificata ha un valore scarso o nullo, ma se in futuro qualcuno sarà condotto a fare osservazioni che possano dar fondamento a qualche ipotesi del genere, la mia opera non sarà stata inutile, perché un'enorme quantità di fatti isolati potranno essere l'un l'altro collegati e diventeranno comprensibili" (op. cit. p. 112).

3. *Il guazzabuglio della sterilità e della fertilità*

Nel capitolo nono, dedicato all'ibridismo, deve invece fare i conti con gli effetti teorici del suo gradualismo stretto, che non prevede cesure di alcun tipo tra specie e varietà. Deve spiegare come si forma lentamente la sterilità fra le specie e come permane la fecondità che invece si registra quasi sempre tra le varietà. Lo fa mettendo in dubbio che la sterilità tra specie sia davvero un discrimine assoluto (o una legge universale della natura), e ha buon gioco a mostrare le complicate e talvolta confuse gradazioni di sterilità che si osservano tra le piante (pp. 340-344). La fertilità degli ibridi e dei meticci è compromessa dagli scambi tra consanguinei, eppure in molti casi gli organismi figli di questi primi incroci restano fecondi per molte generazioni. L'elenco di animali ibridi perfettamente fecondi (dai fagiani alle farfalle, da lepri e conigli alle oche, fin soprattutto alle razze domestiche, anche quelle discendenti da più specie selvatiche) fa il paio con i confini labili tra le piante. Conclude allora che un certo grado di sterilità, nei primi incroci come negli ibridi e nei meticci, è diffuso, ma non è da considerarsi assolutamente universale. Inoltre, presenta molte sfumature e gradazioni, anche tra forme diverse della stessa specie. Pertanto, "né la sterilità né la fecondità forniscono un criterio sicuro di distinzione fra specie e varietà" (p. 341, e poi p. 365).

Il principio di continuità e di gradualità è salvo, ma al prezzo di uno sminuito ruolo delle barriere riproduttive nel separare le specie in natura. Per questa ragione Darwin ha dubbi sul fatto che fecondità *versus* sterilità sia la discriminante essenziale per separare le varietà (interfeconde) dalle vere specie (non interfeconde). Con un sottile argomento epistemologico, fa notare che i naturalisti utilizzano proprio la sterilità come marcatore delle specie, quindi è ovvio che le varietà saranno quelle interfeconde, ma si tratta di un circolo vizioso (p. 362). La discriminante è decisa a priori (ancora una volta, è convenzionale), ma non tiene conto delle gradazioni tra sterilità e fertilità, delle eccezioni (varietà poco o nulla feconde tra loro) e della casistica assai confusa. Pertanto si conferma che "non esiste una distinzione essenziale fra specie e varietà" (p. 368), tanto è vero che gli sperimentatori arrivano a conclusioni opposte nel classificare gli esseri viventi in base al criterio della sterilità. Questa continuità è spiegata dal fatto che le specie derivano dalla lenta trasformazione divergente di precedenti varietà.

Facendo leva sulla sapienza pratica degli orticoltori e dei giardinieri interpellati per anni, nonché sulle sue sperimentazioni domestiche in serra, Darwin sa che occorre distinguere la difficoltà di avere un primo incrocio tra due specie distinte (sterilità delle specie) dalla sterilità degli ibridi che ne risultano: due ordini di fenomeni differenti, con casistiche che presenta-

no molte combinazioni possibili, dalle due specie pure che si uniscono facilmente ma producono ibridi del tutto sterili, alle specie che al contrario si accoppiano molto difficilmente ma che poi generano ibridi fecondi. Anche "il rapporto fra l'affinità sistematica e la facilità dell'incrocio non è affatto rigoroso" (p. 347), così come non lo è con il grado di somiglianza esteriore. A volta l'attitudine all'incrocio non è simmetrica: vale per una specie A verso una specie B, ma non viceversa, e cambia tra maschi e femmine. La domesticazione prolungata sembra ridurre la sterilità (p. 363). Meticci e ibridi sono più variabili (pp. 366-368). Gli ibridi possono avere una conformazione intermedia oppure assomigliare molto a una delle due specie progenitrici, con gradazioni di fecondità. Insomma, quanto a sterilità e fecondità c'è di tutto in natura (soprattutto fra le piante, anche a causa dei loro polimorfismi – pp. 358-362) e Darwin non trova leggi universali che mettano ordine alla materia, ma soltanto una congerie di "regole complesse e singolari" (p. 350)* (poco oltre definite anche *curious and complex laws* – p. 352).

Questo ginepraio di casistiche eterogenee, tra incroci reciproci e innesti vegetali, e le incongruenze fra sterilità delle specie e sterilità degli ibridi (dovute a cause diverse, interne ed esterne, che ostacolano la fecondazione e lo sviluppo – pp. 354-358) portano Darwin a concludere, come abbiamo visto, che le specie non hanno l'innata propensione a essere sterili fra loro al fine di non confondersi in natura, come pensava Wallace. La sterilità "non è una proprietà di cui le specie siano particolarmente dotate" (p. 350), bensì un effetto collaterale incidentale (variabile di caso in caso) di differenze per lo più sconosciute nei rispettivi sistemi riproduttivi ed elementi sessuali (p. 352)[5]. Non è la selezione naturale a produrla, essa è bensì la ricaduta contingente di altri meccanismi che interferiscono sulla fecondità.

4. *L'assenza di prove non è la prova di un'assenza*

La fenomenologia complessa dei gradi di sterilità e di fecondità negli incroci tra varietà e tra specie, con molteplici forme di ibridi e di meticci, non avrebbe alcun senso se ipotizzassimo "creazioni speciali" (p. 368). Tutta-

5 Darwin a più riprese ammette "la nostra profonda ignoranza relativamente all'azione normale o anormale del sistema riproduttivo" (p. 363), anche se ipotizza che i sistemi riproduttivi siano molto sensibili alle forti modificazioni delle condizioni esterne di vita (da qui le difficoltà per esempio di far riprodurre molti animali in cattività, un tema ripreso anche nelle conclusioni, p. 528).

via, come abbiamo visto, pone alcune limitazioni anche alla teoria della selezione naturale (nella formazione della sterilità fra specie), e reclama il suo prezzo se la incorniciamo in una visione strettamente gradualista. Un problema analogo sorge alla scala più ampia della storia naturale. Il lento accumulo di variazioni ereditarie, di piccola entità, sottoposte allo scrutinio continuativo della selezione naturale, è in contraddizione con quanto i paleontologi dell'epoca già notavano a proposito della "comparsa improvvisa di nuove e distinte forme di vita nelle nostre conformazioni geologiche" (p. 303) e Darwin ne è ben consapevole.

Si tratta però di evidenze che a suo avviso non convalidano l'ipotesi di uno sviluppo improvviso delle specie, a causa di creazioni speciali o di misteriose forze interne. Torna quindi, lungo tutto il capitolo decimo, l'argomento difensivo già sperimentato nei Taccuini: la svalutazione delle prove paleontologiche, che per i periodi remoti della storia della Terra sono frammentarie e imperfette, "come molti geologi asseriscono categoricamente" (ibid.). La comparsa improvvisa di nuove faune è soltanto un'apparenza ingannevole.

La tesi è forte e Darwin sa che deve argomentarla dettagliatamente. Il fatto che le forme odierne non siano collegate da "innumerevoli legami di transizione costituisce una difficoltà molto evidente" (p. 371), che si può tuttavia superare. Le specie di transizione sono scomparse per tre ragioni possibili e concomitanti: le condizioni di vita sono nel frattempo cambiate; le varietà intermedie sono generalmente meno numerose e soccombono più facilmente; le nuove varietà prendono il posto delle progenitrici per selezione naturale. Dunque, attualmente sarà ben difficile trovare ancora in vita le forme di transizione del passato.

Inoltre, è bene ricordare che in una visione ramificata dell'evoluzione non esistono, oggi, esseri viventi direttamente intermedi, per esempio, fra un cavallo e un maiale. Esisteranno piuttosto le forme intermedie fra ciascuna delle due specie e il loro sconosciuto antenato comune, vissuto nelle profondità del tempo geologico. A sua volta questo antenato sarà stato legato "a forme più antiche, e così via, risalendo e convergendo sempre verso il comune antenato di ciascuna grande classe" (p. 373). A causa della competizione e della selezione, raramente vediamo oggi in vita una specie e la sua antenata diretta, perché quest'ultima sarà stata gradualmente sostituita. In ogni caso, è certo – sottolinea Darwin – che deve essere esistito un numero "inconcepibilmente grande" di antiche forme di transizione. La biodiversità attuale è soltanto l'ultima tappa di una lunghissima vicenda di diversificazioni precedenti e la grandissima parte delle specie vissute sulla Terra è ormai estinta.

Ecco allora delineato il problema principale: se l'evoluzione trabocca di innumerevoli forme intermedie, che oggi non troviamo più ma che popolano il passato, perché non le vediamo nemmeno nei fossili? Forse il progenitore, essendo diverso da tutti i suoi discendenti modificati, è difficilmente riconoscibile (p. 372). Ma il problema per Darwin è ben più generale e riguarda l'estrema imperfezione della documentazione paleontologica. "Che le nostre collezioni siano imperfette, è universalmente ammesso" (p. 378), ma la loro lacunosità lascia stupiti:

> *Tuttavia neanche io avrei mai immaginato che così povera fosse la documentazione dei settori geologici meglio conservati, se l'assenza di innumerevoli forme di transizione tra le specie che vissero all'inizio e alla fine di ogni formazione non avesse esercitato una così forte pressione sulla mia teoria.* (p. 391)*

L'argomento è ben noto[6], ma raramente vengono approfondite le cause che Darwin (il Darwin geologo qui) adduce per giustificare questo suo giudizio e che riguardano un tema di vitale importanza per la sua teoria: l'instabilità della superficie terrestre. Quanto dinamica fosse la sua visione del pianeta in trasformazione si evince da passi come questo:

> *... i grandi oceani sono tuttora, fondamentalmente, aree di abbassamento, i grandi arcipelaghi aree di oscillazioni di livello, e i continenti aree di sollevamento. Ma non abbiamo motivo di supporre che le cose siano sempre rimaste così fin dall'inizio del mondo.* (p. 398)

Dove oggi ci sono oceani un tempo potevano esserci continenti, e viceversa. I fossili quindi sono sballottati qua e là in un mondo in continua metamorfosi. La documentazione geologica è così frammentaria perché conosciamo pochi esemplari di ciascuna specie fossile e perché solo una piccola porzione della superficie terrestre è stata esplorata. Le parti molli degli organismi non si conservano[7]. Il suolo troppo acido e caldo decompone rapidamente ogni carcassa, prima che possa fossilizzarsi. I resti che vengono se-

6 Nel riassunto finale, rincara: "il numero delle specie e degli individui conservati nei nostri musei equivale assolutamente a niente se confrontato con il numero delle generazioni che debbono essere esistite durante una sola formazione geologica" (p. 425).

7 Nei decenni successivi si scoprirà che in condizioni molto fortunate può invece succedere che si conservino tracce fossili anche delle parti molli. Darwin però intuisce che una situazione particolarmente favorevole è quella di bassi fondali ricchi di risorse, con lento abbassamento del fondale e continua deposizione.

polti sono poi spesso oggetto di deformazioni e di distruzioni a causa dell'attività geologica della Terra: erosione sui fondali marini profondi, dilavamenti sulle coste, innalzamenti e abbassamenti del suolo, modificazioni nella composizione mineralogica, denudamenti, effetti degli agenti atmosferici, metamorfismo delle rocce. Bisogna poi considerare i grandi cambiamenti geografici, le modificazioni delle terre emerse, le oscillazioni climatiche. La Terra è un pianeta in movimento, che scompagina incessantemente le carte della documentazione fossile (pp. 378-391). Le specie poi in tempi passati hanno migrato e si sono spostate a causa del clima, creando evidenti lacune nella deposizione in certe regioni a scapito di altre. Dunque anche la migrazione si aggiunge come importante fattore evolutivo:

> ...*le migrazioni hanno avuto una parte importante nella prima comparsa di nuove forme in ogni area e in ogni formazione*. (p. 425)

L'interruzione della documentazione fossile di una specie in una regione, o viceversa la sua comparsa rapida in un'altra, potrebbero quindi non dipendere da estinzioni o speciazioni rapide (e ancor meno da creazioni improvvise), ma da migrazioni e spostamenti (p. 384). Il risultato finale è che la documentazione paleontologica è discontinua e intermittente, il che non corrisponde a ciò che realmente è accaduto nel corso del tempo. La continuità delle trasmutazioni delle specie non viene registrata adeguatamente.

A queste difficoltà va aggiunto, nota Darwin anticipando problemi che affliggeranno a lungo la paleontologia, il fatto scomodo che non abbiamo regole infallibili per distinguere le specie dalle varietà, nel presente e a maggior ragione nel passato (p. 387). Quindi rischiamo di classificare come specie separate quelle che in realtà sono varietà di una stessa specie, o viceversa[8]. Inoltre, per aggiungere spiegazioni dell'intermittenza della documentazione fossile, nella quarta edizione Darwin fa propria un'annotazione del paleontologo Hugh Falconer che sembra contraddire l'uniforme gradualità del cambiamento delle specie, in favore di un'alternanza di lunghe fasi di stabilità e di brevi fasi di trasformazione che assomiglia sorprendentemente alla moderna visione "punteggiata" dell'evoluzione:

8 Il problema si pone ancora oggi per esempio in paleoantropologia, dove l'effettivo numero delle specie che compongono l'albero della filogenesi degli ominini è in discussione e in continuo aggiornamento. L'utilizzo di evidenze convergenti (morfologiche, molecolari, biogeografiche, morfometriche) permette tuttavia una valutazione sempre più precisa delle attribuzioni di specie (Pievani, 2011a; Manzi, 2007; Wood, 2005).

> *Vi è una considerazione ancora più importante ... che è stata recentemente sottolineata dal Dr. Falconer, che cioè i periodi durante i quali ogni specie ha subito modificazioni, sebbene assai lunghi se valutati in numero di anni, sono stati probabilmente brevi se comparati con i periodi durante i quali queste stesse specie sono rimaste senza alcun cambiamento in corso.* (p. 388)*

Naturalmente Darwin si guarda bene dal concludere che "la geologia non offre alcuna forma di transizione" (p. 389), come erroneamente sostenevano già allora gli antievoluzionisti ("è questa l'obiezione più comunemente sollevata contro la mia teoria", ibid.) e come ancora oggi sentiamo ripetere dai fondamentalisti religiosi creazionisti. La tesi è semmai quella opposta, e cioè che non dobbiamo aspettarci serie paleontologiche finemente graduate che stabiliscano una connessione tra tutte le specie esistenti e quelle estinte ("in un'unica lunga e ramificante catena di vita", *one long and branching chain of life* – p. 391), perché troppi sono stati i fattori di disturbo della sedimentazione. Quella "catena ramificante" di forme è esistita e ne abbiamo le prove, ma i suoi dettagli meravigliosi sono andati in gran parte perduti nell'oceano del tempo profondo. Così Darwin riassume le cause dell'imperfezione dei documenti geologici con un esperimento ideale ambientato nell'arcipelago malese, con la sua ricca diversità di forme animali e vegetali, l'irregolarità geografica, l'instabilità geologica e dunque le scarse possibilità che anche solo una minima parte delle specie che vi abitano riescano a fossilizzarsi: il paleontologo del futuro troverà purtroppo una ben misera traccia della sua lussureggiante biodiversità (pp. 389-391).

Il fatto che non vi siano testimonianze di molte forme di transizione non significa quindi che esse non siano esistite. Il principio metodologico delle prove negative e delle prove positive è espresso con chiarezza da Darwin: "Tutti i casi di prove paleontologiche positive sono attendibili; le prove negative sono senza valore, come l'esperienza ha tanto spesso dimostrato" (p. 392). L'assenza di prove non è la prova di un'assenza. Se leggiamo un libro saltando da un capitolo all'altro, è ovvio che la storia ci apparirà intermittente, ma è solo perché non conosciamo le pagine intermedie. Riprendendo un'efficace metafora di Lyell, Darwin illustra così il suo argomento in conclusione del capitolo decimo:

> *Considero i dati geologici come una storia del mondo tramandata imperfetta e scritta in un mutevole dialetto; storia di cui possediamo solo l'ultimo volume, limitato a due o tre regioni. Di questo volume si è conservato solo qua e là un breve capitolo; e di ogni pagina solo qualche riga ogni tanto. Ogni parola di questa lingua, che varia lentamente, più o meno diversa nei successivi ca-*

> *pitoli, può rappresentare le forme di vita, che sono sepolte nelle nostre formazioni successive, e che erroneamente sembrano esservi state repentinamente introdotte. Con questa ipotesi, le difficoltà sopra discusse si attenuano di molto o persino scompaiono.* (p. 400)

I fossili sono brevissime istantanee di una storia lunghissima, scorci di luce in un lungo corridoio buio. Le formazioni geologiche, quindi, non rappresentano "un nuovo e completo atto di creazione", ma soltanto "una scena presa a caso in un dramma lentamente variabile" (p. 403).

IV

IL COMPLESSO DELLE PROVE EMPIRICHE

La terza parte, dall'undicesimo capitolo in avanti, affronta finalmente il fenomeno dell'evoluzione nella sua vastità ed eterogeneità di evidenze empiriche, da leggersi ora attraverso la chiave esplicativa offerta dal nucleo centrale: variazione, lotta per la sopravvivenza e selezione naturale. Qui si apprezza il carattere genuinamente interdisciplinare di OdS e della teoria dell'evoluzione fin dai suoi albori, cioè di un programma di ricerca scientifico capace ancora oggi di spaziare dall'infinitamente piccolo delle molecole che compongono il DNA alle vastità della biosfera, dai tempi brevissimi di una generazione di batteri vista sul bancone da laboratorio ai milioni di anni dei fossili.

I dati che Darwin presenta tra il 1859 e il 1872 appartengono a quattro categorie principali. In primo luogo, documenti paleontologici, cioè specie fossili estinte e specie viventi a confronto, con particolare attenzione per la comparsa di specie simili ma non identiche nella stessa zona in ere geologiche differenti, segno palese di una loro parentela (capitolo undicesimo). La maggior parte delle specie si diffondono, si spostano e così cambiano: due capitoli interi (il dodicesimo e il tredicesimo, un'eccezione significativa) sono dedicati alle distribuzioni geografiche, con una lunga trattazione sui mezzi di trasporto attraverso i quali gli organismi partendo dai continenti possono colonizzare le isole e lì evolvere in forme nuove a causa delle differenze ambientali. I dati biogeografici, in particolare gli schemi di vicinanza di forme tra loro simili, frutto di discendenza comune e di successivi spostamenti e dispersioni, come anche l'occupazione di nicchie ecologiche simili da parte di animali e piante diversi, sono considerati della massima importanza da Darwin e costituiscono la seconda categoria fondamentale di evidenze. L'evoluzione non si legge soltanto nel tempo, ma anche nello spazio ecologico e geografico.

In terzo luogo, abbiamo i dati embriologici, affrontati nel capitolo quattordicesimo (rivisto in bozza da Thomas H. Huxley), cioè le somiglianze degli stadi precoci di sviluppo embrionale in animali differenti, indizio per Darwin del fatto che l'embrione di un animale evolutosi più recentemente "richiama", nei suoi primi stadi di trasformazione, i caratteri di animali più

antichi nell'albero della vita (come pesci, anfibi e poi rettili rispetto ai mammiferi). Infine, buoni ultimi, a conferma della struttura logica invertita di OdS, vengono presentati nel quindicesimo capitolo i dati più importanti[1], quelli morfologici o strutturali, il fatto cioè (già peraltro ben noto) che gli essere viventi presentano omologie di struttura molto marcate (per esempio negli arti di tutti vertebrati), con superficiali modificazioni successive, come se la natura ricorresse a un insieme limitato di schemi morfologici fondamentali e apportasse poi soltanto variazioni sugli stessi temi. La spiegazione per tutto ciò non può che essere per Darwin genealogica, cioè la discendenza con modificazioni: le strutture omologhe non sono modelli astratti né l'espressione di un piano divino, come pensavano naturalisti del calibro di Louis Agassiz, bensì sono la prova di una provenienza da forme ancestrali comuni, sulle quali ha poi agito la selezione naturale al variare delle condizioni ambientali contingenti. Come anche nel caso dei tratti trascinatisi per inerzia o *vestigia*, si tratta di somiglianze concrete, frutto di una discendenza comune, segni di una storia contingente di parentela universale di tutti i viventi.

1. *La discendenza con modificazione vista nella profondità del tempo*

La sontuosa immagine paleontologia dell'evoluzione è per Darwin quella di "un grande albero che si ramifica a partire da un solo ceppo" (*the branching of a great tree from a single stem*) (p. 404), nel quale le varietà si trasformano lentamente e gradualmente in nuove specie, come previsto dal principio di divergenza. Allargando ulteriormente lo sguardo, il naturalista inglese ritiene che l'andamento di sviluppo dei generi e delle famiglie di specie sia generalmente sempre lo stesso: un graduale aumento numerico di specie, fino al raggiungimento di un massimo, e poi un'altrettanto graduale diminuzione fino all'inevitabile estinzione. Non sono previste rotture in questo schema (cioè comparse o scomparse improvvise), se non in casi eccezionali. Né esistono "leggi fisse di sviluppo" capaci di determinare repentini cambiamenti. Tutto dipende dall'accumulo di piccole variazioni per selezione naturale.

1 Sappiamo che Darwin li ritiene i più importanti perché nel riassunto del penultimo capitolo chiude sostenendo che alla luce delle evidenze morfologiche, embriologiche e dei tratti vestigiali la sua teoria sarebbe sufficientemente corroborata, "anche se non poggiasse su altri fatti o argomenti" (p. 525).

Così, il cambiamento simultaneo di molte forme di vita in tutto il mondo (osservato dai paleontologi per alcuni periodi, soprattutto nelle specie marine) sarà dovuto per Darwin al successo selettivo e alla diffusione geografica delle specie dominanti e dei loro discendenti (pp. 409-413). Se in certi continenti, come il Sud America e l'Australia, osserviamo una successione di specie affini di mammiferi, la causa non risiede nelle condizioni ambientali ma nella parentela stretta, con modificazioni, tra le specie estinte e le specie viventi[2] (pp. 423-425). Le affinità tra le specie estinte, e tra queste e le specie viventi, illustrano il grande "principio della discendenza". In generale, quanto più una specie è antica tanto più differirà dalle forme attuali, tuttavia

> ... *le specie estinte possono essere tutte incluse nei gruppi ancora esistenti e collocate tra di essi. Che le forme estinte di vita aiutino a colmare gli intervalli tra generi, famiglie e ordini esistenti, è indubbiamente vero*. (p. 413)

La scoperta di specie estinte permette di coprire le lacune nel grande albero della discendenza, svelando gli infiniti "legami intermedi e di connessione" (ibid.) che uniscono tutte le specie. Possiamo così colmare di grado in grado gli intervalli che separano i mammiferi tra loro, gli uccelli e i rettili (attraverso il proto-uccello *Archaeopteryx* e i dinosauri), i pesci e i rettili (pp. 414-415). Secondo una proporzione che è ancora oggi alla base del calcolo delle relazioni filogenetiche (pur con l'integrazione dei dati genetici), Darwin capisce che la quantità di caratteri divergenti tra due gruppi sarà proporzionale all'antichità del loro antenato comune, e che gli antichi membri dei due gruppi differiranno fra loro un po' meno di quelli attuali (p. 415). Pur con le dovute eccezioni, tanto più antica sarà una forma scoperta nei fossili tanto più tenderà a collegare un maggior numero di gruppi discendenti attuali. È venuto dunque il momento di esplicitare, al cuore del capitolo undicesimo, la "teoria della discendenza con modificazioni".

Darwin lo fa riprendendo il diagramma semplificato della fine del capitolo quarto e rileggendolo in chiave paleontologica. Ora rappresentati sul grafico sono i grandi generi e le linee orizzontali sono le formazioni geolo-

---

2 Anche se non è detto che il bradipo, l'armadillo e il formichiere discendano direttamente dal megaterio - o i marsupiali australiani attuali da qualche specifica forma di marsupiale gigantesco del passato - perché secondo Darwin le specie più grandi sono scomparse senza lasciare discendenza mentre altre forme affini, ora estinte, sono state i progenitori delle attuali (p. 424). Il modello di riferimento è sempre quello di una discendenza ramificata, con molti generi e gruppi di specie dai destini differenziati.

giche sui milioni di anni. Il "principio della tendenza continuata alla divergenza dei caratteri" (p. 415) è la norma e i fossili di due formazioni consecutive saranno in genere più affini fra loro dei fossili di due formazioni lontane, ma lo schema può anche contemplare l'eccezione di forme particolarmente stabili e poco ramificanti (la F14). Inoltre i gruppi potranno essere più o meno ricchi di specie e di forme intermedie, con durate di vita eterogenee. Ci saranno estinzioni, migrazioni, intervalli fra le successive formazioni. Un quadro complicato, che a maggior ragione sarà difficile ricostruire conoscendo soltanto alcuni fossili sporadici.

Il modello generale, nella sua efficacia, non impedisce però a Darwin di comprendere che in natura non tutte le specie evolvono con lo stesso ritmo. Per quanto a lungo andare debba sempre esserci qualche modificazione, pena l'estinzione, alcune forme variano più rapidamente (quelle di terra e con strutture più complesse, secondo Darwin) e altre più lentamente (le specie marine e le specie più primitive). Queste differenze nel modo di evolvere (suggerite dal paleontologo Falconer) sono dovute alle "molteplici complesse contingenze" che rendono il processo evolutivo irreversibile, ovvero:

> *la natura vantaggiosa delle variazioni, la libertà di incrocio, i lenti cambiamenti delle condizioni fisiche della regione, l'immigrazione di nuove colonie, e la natura degli altri abitanti con cui le specie che variano entrano in concorrenza.* (p. 402)

Nell'evoluzione della vita, non ci si immerge mai nello stesso fiume. Il potere delle circostanze è sempre presente. Per le stesse ragioni, l'estinzione è un evento senza ritorno, nel quale la catena delle generazioni si spezza:

> *una specie una volta estinta non potrebbe mai riapparire, anche se si verificasse un ritorno di identiche condizioni di vita, organiche e inorganiche.* (p. 403)

Le variazioni sarebbero infatti ogni volta diverse, e così i caratteri ereditati. La perdita di una specie è un'evenienza irrimediabile: chi la sostituirà sarà in qualche modo un'altra forma di vita. L'estinzione delle specie per Darwin obbedisce a due proprietà generali: è lenta (più lenta rispetto alla formazione di nuove specie e preceduta da un lungo declino); è dovuta a una sostanziale inadeguatezza della "vittima" (soppiantata da altre specie, secondo il principio dei cunei, o soccombente per pro-

prie debolezze, come talvolta succede per chi cresce troppo di stazza[3]). Nella pienezza della natura, l'estinzione, preceduta dalla rarità, diviene l'altro lato della speciazione. Senza la scomparsa dei perdenti, non ci sarebbe spazio ecologico per i nuovi arrivati. In questa dinamica gradualista e funzionalista, il catastrofismo di Cuvier e di altri è archiviato da Darwin come anticaglia del passato:

> *La vecchia opinione della completa distruzione di tutti gli abitanti della Terra per opera di catastrofi in successivi periodi è stata generalmente abbandonata*[4]*, anche da quei geologi ... le cui opinioni generali dovrebbero ovviamente portarli a questa conclusione.* (p. 405)

Tuttavia, è possibile in rari casi (per esempio quando una barriera si rompe e in una regione irrompono nuove forme più competitive, come è successo tra Nord America e Sud America) che l'estinzione sia più drammatica e rapida. A volte interi gruppi scompaiono all'improvviso, come le ammoniti, e occorre spiegarlo (ibid.). Dunque Darwin non ritiene impossibile di per sé il fenomeno, ma lo valuta come molto raro, essendo dovuto nella grande maggioranza dei casi all'effetto ingannevole dell'imperfezione della documentazione fossile. Inoltre, a differenza di quanto pensava nei Taccuini giovanili, Darwin è ora convinto che non vi sia alcuna legge fissa che regoli "la lunghezza del tempo in cui una singola specie o un singolo genere può durare" (p. 405). L'estinzione del singolo, con la sua durata quasi definita di vita, non è dunque una perfetta analogia per l'estinzione

---

3 Nella terza edizione Darwin cita come specie indebolite dalle proprie dimensioni - divenute troppo esigenti in termini di risorse e di energie da impiegare per la riproduzione - il mastodonte e i dinosauri, di cui si cominciava a discutere in Inghilterra dopo le prime spettacolari monografie di Richard Owen.

4 Questo rifiuto totale del catastrofismo da parte di Lyell e di Darwin ebbe una duratura influenza nelle scienze della vita e nelle scienze della Terra, fino a pochi anni fa. In un quadro teorico completamente rinnovato, cioè in versioni che non hanno nulla a che vedere con creazionismo o antidarwinismo, oggi è rientrato fortemente nel dibattito un "neo-catastrofismo" scientifico, che sottolinea l'importanza dei ripetuti episodi di "estinzione di massa" che nel passato hanno condizionato fortemente la storia naturale e che non erano dovuti, come pensava Darwin, ai difetti della documentazione paleontologica. Queste periodiche e improvvise ecatombi del passato, causate da sconvolgimenti ecologici su larga scala (eruzioni vulcaniche parossistiche, oscillazioni climatiche, impatti di asteroidi), sono fenomeni reali e bruschi che hanno mietuto molte vittime. Inoltre, Darwin non avrebbe apprezzato la scoperta che la dinamica di sopravvivenza dopo queste catastrofi non fu sempre di tipo selettivo (sia concesso rimandare a Pievani, 2012b, capitolo quarto).

delle specie, alcune delle quali sono straordinariamente longeve (grazie a condizioni di vita isolate e poco concorrenziali), al contrario di altre che passano come comete nella storia naturale.

In conclusione, "le leggi e i vari fatti relativi alla successione geologica degli esseri viventi" (p. 401) si accordano meglio con la lenta e graduale modificazione per variazione e selezione naturale, in un grande albero di discendenza che affonda le sue radici nelle oscurità del tempo profondo, piuttosto che con qualsiasi altra ipotesi (immutabilità delle specie, creazioni speciali, leggi interne di sviluppo).

2. *La discendenza con modificazione vista nel grande scenario geografico*

Ma la discendenza comune non si legge soltanto nel tempo, in quella dimensione sempre privilegiata da tutti i commentatori, essendo la storia naturale un intreccio di storie di trasmutazione e di parentele genealogiche. L'evoluzione si regge anche su un secondo asse interpretativo, di solito negletto ma altrettanto fondamentale: lo spazio geografico, il contesto territoriale, fisico ed ecologico della vita, con i suoi vincoli, i suoi capricci e le sue opportunità.

> *Vi è un sorprendente parallelismo nelle leggi della vita nel tempo e nello spazio: le leggi che governano la successione delle forme nei tempi passati sono quasi le stesse che oggi governano le differenze nelle diverse aree. Lo vediamo in molti fatti. ... Secondo la nostra teoria, questi diversi rapporti nel tempo e nello spazio si possono comprendere perché, se consideriamo sia le forme di vita affini che si sono modificate nelle epoche successive, sia quelle che si sono modificate dopo essere migrate in lontane regioni, costatiamo che in entrambi i casi esse sono connesse dal medesimo processo di normale riproduzione; in entrambi i casi le leggi della variazione sono le stesse, e le modificazioni si sono accumulate per opera della selezione naturale.* (pp. 479-480)

A questa dimensione "orizzontale" del processo evolutivo Darwin dedica non a caso ben due capitoli, il dodicesimo e il tredicesimo, perché in essa ritrova alcune delle evidenze più limpide della sua teoria. Già nei Taccuini giovanili abbiamo visto come l'intreccio di prove paleontologiche "verticali" (i fossili, le specie estinte, le somiglianze con quelle attuali) e di prove biogeografiche "orizzontali" (le aree di distribuzione di piante e animali, le analogie e le differenze tra zone geografiche e climatiche rispetto alle flore e alle faune che le abitano, l'importanza degli arcipelaghi, la dia-

lettica tra migrazione e isolamento) fosse stato il brodo di coltura originale della visione darwiniana.

In OdS la raffinata biogeografia darwiniana viene sistematizzata secondo tre evidenze ricorrenti (tre *pattern*) e una causa unificante. La prima evidenza è che "non è possibile spiegare completamente la somiglianza o la dissomiglianza degli abitanti delle varie regioni con il clima o altre condizioni fisiche" (p. 429). Viaggiando nelle Americhe da nord a sud troviamo una grande varietà di condizioni climatiche, spesso parallele a quelle del Vecchio Mondo, eppure le specie sono completamente diverse (fatta eccezione per l'Artico, dove però c'è continuità territoriale). Se confrontiamo le flore e le faune dell'Australia, del Sudafrica e del Sudamerica, alle stesse latitudini e spesso con condizioni fisiche simili, troviamo tre mondi indipendenti in quanto a esseri viventi (anche se non del tutto, come vedremo). Le specie della punta meridionale del Sudamerica sono più affini a quelle gradatamente più settentrionali nello stesso continente, piuttosto che a quelle di un altro continente.

Il secondo "fatto saliente" è che "tutte le barriere o ostacoli, che si frappongono a una libera migrazione, sono in stretto rapporto con le differenze che esistono fra le produzioni delle diverse regioni" (p. 430). Continenti separati generano famiglie e gruppi di specie distinti. Dove invece c'è libera circolazione troviamo affinità graduali e somiglianze. È un equilibrio antagonistico fra isolamento fisico (che produce diversità) e migrazione, che rimescola le carte. Quindi le catene montuose, i deserti, i grandi fiumi, i mari aperti sono barriere che fanno proliferare la diversità, per graduale divergenza attraverso la selezione naturale. Ciò vale per gli organismi di terra e per quelli di mare: il fatto che a est e a ovest dell'istmo di Panama il 30% della fauna marina sia identico significa, per i naturalisti, che il congiungimento dei due continenti è avvenuto di recente (ibid.). Gli ostacoli fisici possono essere più o meno insormontabili, ma tenderanno sempre a produrre divergenze. In tal senso anche la profondità del braccio di mare che separa due terre – come nel caso eclatante della "linea di Wallace" nell'arcipelago malese, che separa due faune di mammiferi molto diverse – è un parametro importante, perché la presenza di un canale profondo significa che le due sponde non sono mai state unite in tempi recenti (p. 469).

Il terzo pattern, complementare ai precedenti e di massima generalità, è "l'affinità delle produzioni di uno stesso mare o continente, sebbene le specie stesse siano differenti nei diversi punti o stazioni" (p. 431). Le diversificazioni all'interno della stessa area esistono, ma sono più leggere, e testimoniano di una maggiore affinità. Il nandù meridionale (torna così

l'esempio primario discusso nel Red Notebook molti anni prima) e quello più settentrionale sono due specie distinte ma dello stesso genere, mentre entrambi hanno ben poco a che vedere con lo struzzo africano e con l'emù australiano. Due specie in un arcipelago sono più affini tra loro che non entrambe rispetto ai loro cugini sul continente. Ritorna quindi nella dimensione spaziale la stessa continuità che regna in quella temporale.

Queste tre categorie di evidenze, illustrate ciascuna da "innumerevoli esempi", sono spiegate da una sola causa unificante, cioè dalla discendenza comune con modificazioni per selezione naturale, il legame che tutto tiene, nello spazio e nel tempo:

> *Questi fatti denotano l'esistenza di qualche profondo legame organico (*deep organic bond*), nello spazio e nel tempo, nelle stesse distese di terra e di mare, indipendentemente dalle condizioni fisiche. Poco intelligente sarebbe quel naturalista che non fosse portato a investigare la natura di tale legame. Il legame è semplicemente l'eredità, quella causa che sola, per quanto ne sappiamo positivamente, produce organismi del tutto simili l'uno all'altro, o quasi simili, come abbiamo visto nel caso delle varietà.* (p. 432)*

È "l'eredità con modificazioni" a spiegare tutto. Dove la migrazione e l'incrocio sono impediti, si producono lentamente dissomiglianze in base ai diversi rapporti tra organismi e organismi e tra organismi e condizioni ambientali. La vicinanza alla biogeografia di Wallace e alle intuizioni del collega è ammessa (anche se sempre più tiepidamente al succedersi delle edizioni):

> *Questo punto di vista sui rapporti tra le specie di una regione con quelli di un'altra non differisce molto da quello di Wallace, che conclude che "ogni specie ha avuto un'origine coincidente per tempo e luogo con un'altra specie preesistente strettamente affine". E oggi è noto che egli attribuisce questa coincidenza alla discendenza con modificazione.* (p. 436)

Il motore di fondo resta la selezione, giacché "né la migrazione né l'isolamento hanno, in quanto tali, il potere di determinare modificazioni" (p. 433), pur restando le imprescindibili condizioni al contorno che "stabiliscono nuovi rapporti" tra gli organismi e gli ambienti. Alcuni organismi avranno maggiori capacità di propagazione (potendo affrontare competitori in altri luoghi), ma a parità di adattamento tenderanno a rimanere nella loro nicchia (come succede ai fringuelli delle Galápagos – p. 474). Notiamo qui ancora una volta, dalla "rete che tutto unisce" evocata nei Taccuini fino a OdS, il carattere profondamente ecologico della teoria darwiniana,

che si basa su trame di relazioni fra organismi tra loro e fra organismi e contesti ambientali, posto che la lotta per la vita è "la più importante di tutte le relazioni" (*the most important of all relations*, p. 432).

3. *Isolamento e migrazione: il grande fiume della vita*

Darwin non si sottrae nemmeno in questo caso dall'analisi delle possibili obiezioni: per esempio, trovare organismi identici in posti lontani del mondo. Se troviamo specie molto simili in contesti geografici tanto diversi, caso di per sé raro, significa a suo avviso che hanno avuto un progenitore comune recente e che a partire da quello si sono poi diffuse per migrazione (p. 433). Anche se non è sempre facile ricostruire questa dinamica nel tempo e nello spazio, l'ipotesi alternativa dei "centri separati di creazione" è da respingere se non altro per un principio metodologico di parsimonia:

> *Tuttavia, la semplicità dell'ipotesi che ogni specie si sia prodotta inizialmente in una regione unica, è molto seducente. Colui che la respinge, respinge la* vera causa (in latino nell'originale) *della generazione ordinaria con successiva migrazione, e chiama in causa l'intervento di un miracolo.* (p. 434)*

È per difendere questa "seducente semplicità" della *vera causa* esplicativa[5], contrapposta all'irrazionale resa al miracolo, che Darwin dedicherà tanto tempo allo studio dei mezzi di dispersione e di trasporto di piante e animali, con pluriennali esperimenti di ogni tipo a Down House, in particolare sulla resistenza di semi galleggianti e di uova di molluschi terrestri in acqua di mare. Era il suo modo di confutare la dottrina delle creazioni speciali, mostrando la possibilità (non solo teorica, ma empiricamente verificata) di ampie disseminazioni di specie simili (soprattutto piante, ma anche pesci e molluschi) nel globo. I mezzi occasionali di dispersione sono dati dalle correnti oceaniche (attraverso le quali i semi di molte piante possono percorrere anche 1500 km e poi essere ancora in grado di germinare), dai tronchi e dalle radici degli alberi che trattengono terra e sassi vagando per i mari, dai cadaveri degli uccelli con il loro ultimo pasto, dagli uccelli vivi e dai loro escrementi, ma anche dagli sciami di locuste, dagli iceberg, dalla terra trasportata occasionalmente sulle zampe e sul becco dei migratori e degli uccelli acquatici (pp. 437-444). Considerando questi mezzi di diffusione, più il vento e le inondazioni, smette di essere un mistero l'ampia dif-

[5] "Vera causa" è una citazione, abbiamo visto, delle riflessioni epistemologiche giovanili influenzate da Herschel e Whewell.

fusione delle stesse specie d'acqua dolce (pesci e molluschi) in laghi e sistemi fluviali lontani fra loro (pp. 459-463). Ciò che altri imputavano a creazioni speciali per Darwin è il frutto del lavoro occasionale di un uccello d'acqua dolce che fa traslocare uova e semi da uno stagno all'altro (p. 463).

Inoltre, è sempre possibile per Darwin che terre emerse limitrofe fossero un tempo unite (come Inghilterra e resto dell'Europa), o viceversa che terre oggi contigue fossero un tempo separate, a causa dei "cambiamenti di livello del terreno" e dei mari (p. 437). Le isole sono diventate penisole, le penisole nuovamente isole. Fiumi e laghi si sono fusi insieme, per poi separarsi. Nella sua visione la superficie terrestre, pur senza le "rivoluzioni geografiche" a cui pensava Edward Forbes (p. 438), è sempre in movimento e sui tempi lunghi della geologia tutto è instabile. Quindi la distribuzione in passato continua di una specie può essere oggi discontinua, senza con ciò escludere che vi sia stata inizialmente migrazione da un unico luogo di origine (p. 435). Una specie con già una vasta distribuzione su un'area continua potrebbe infatti essersi estinta nelle zone intermedie.

I cambiamenti di clima, in particolare le oscillazioni tra periodi glaciali e interglaciali, hanno del resto alimentato continue migrazioni, tali da mescolare estesamente le flore e le faune su tutto il mondo. Le alternanze di caldo e freddo hanno infatti spostato le fasce di vegetazione e gli habitat, facendo convergere verso l'equatore ora le specie boreali ora quelle australi, e poi facendole ritirare di nuovo verso i poli. Le specie adattate al freddo, durante la ritirata, avranno cercato rifugio sulle catene montuose e questo spiega perché si trovano organismi molto simili alla sommità di zone di montagna lontanissime fra loro, dall'Asia alle Americhe (p. 444). Una montagna è come un'isola sulla terraferma (p. 456) e conserva le tracce di antiche migrazioni. Anche le terre circumpolari (artiche e antartiche) hanno avuto un ruolo nella disseminazione, perché durante i cicli glaciali da lì si sono irradiate popolazioni della stessa specie verso continenti diversi (per esempio, America meridionale, Sudafrica e Australia da un centro di diffusione antartico[6]). Lo stesso vale per le modificazioni conseguenti delle correnti oceaniche, calde e fredde, con migrazioni, dislocamenti e isolamenti delle faune marine. Il quadro è speculativo e non spiega tutto, ammette Darwin (p. 457), ma ciò che conta è il grande scenario geografico ed

6 Darwin ripete in tre occasioni che a suo avviso l'Antartide, prima dell'ultimo periodo glaciale, era verde e abitato da animali. Il continente ora ghiacciato potrebbe quindi essere stato il luogo di origine delle specie comuni tra Sudamerica, Sudafrica e Australia (p. 472).

ecologico dell'evoluzione, quella corrente della vita che fluisce sulla superficie terrestre:

> *Il fiume della vita durante un periodo è fluito da nord e durante un altro da sud, per raggiungere in entrambi i casi l'equatore; ... Come la marea lascia strati di detriti che raggiungono altezze maggiori sulle coste dove la marea è più alta, così la corrente della vita ha lasciato il suo deposito vivente sulle cime dei nostri monti* (p. 458)

La concezione darwiniana incontra così un altro fattore essenziale: la "teoria della migrazione", con i suoi effetti sulle distribuzioni geografiche (indotti principalmente dai cambiamenti climatici, in particolare le glaciazioni) e la successiva modificazione e moltiplicazione di forme nuove (p. 478; principio poi ripreso nelle conclusioni, p. 529). Unendo migrazione e discendenza con modificazione (e non prima di essere giunti al capitolo dodicesimo!) si capiscono finalmente in modo limpido casi come quello delle Galápagos:

> *Per esempio, un'isola vulcanica, sollevata e formata a poche centinaia di miglia da un continente, riceverebbe probabilmente da questo, nel corso del tempo, un piccolo numero di coloni i cui discendenti, sebbene modificati, sarebbero ancora affini per eredità agli abitanti di quel continente.* (p. 436)

A questo punto diventa un caso da manuale di evoluzione per selezione naturale, ma comprensibile solo considerando una molteplicità di ingredienti: instabilità geologica (si forma per emersione un arcipelago vulcanico); dispersione e migrazione di esseri viventi dal continente; separazione sulle varie isole (barriere fisiche e differenti rapporti tra organismi e organismi, e tra organismi e condizioni ambientali, producono differenze); divergenza per selezione naturale (anche se non necessaria: una specie può anche diffondersi su tutto l'arcipelago senza modificazioni); discendenza con modificazione. Le contingenze della migrazione e dei rapporti tra organismi e organismi fanno sì che "forme di vita molto differenti abitino spesso due regioni caratterizzate da condizioni fisiche quasi identiche" (p. 478).

Il modello (che si può applicare alle isole come a una catena montuosa, a un lago o a una palude) permette a questo punto di avanzare precise predizioni sulle caratteristiche degli "abitanti delle isole oceaniche" (pp. 463-467): 1) ci saranno meno specie in senso assoluto (perché difficili da raggiungere, e più remote sono meno specie ci saranno); 2) ci sarà però un maggior numero di specie endemiche, a causa dell'isolamento; 3) intere classi di animali, meno abili nel migrare, potrebbero non avere alcun rap-

presentante, perché non è mai approdato sull'isola un colonizzatore di quel tipo (così alle Galápagos il posto dei mammiferi[7] è occupato dai rettili e in Nuova Zelanda dai grandi uccelli atteri, e sarà più difficile in media trovare sulle isole rane, rospi e salamandre); 4) alcuni tratti, soprattutto le dimensioni, possono subire modificazioni peculiari a causa delle diverse relazioni tra organismi (per esempio assenza di predatori o di competitori), così succede che alcune piante erbacee sudamericane alle Galápagos diventino arbusti e alberi; 5) infine, una "legge quasi universale", ovvero "le produzioni endemiche di un'isola sono in rapporto con quelle del più vicino continente o grande isola" (p. 472).

I fatti relativi alle province botaniche e zoologiche note confermano queste cinque predizioni, in particolare l'ultima, cioè l'affinità, pur con differenze, rispetto alle forme del più vicino continente. Le Galápagos presentano condizioni di vita completamente diverse da quelle del vicino Sudamerica, eppure tutte le loro specie sono chiaramente di origine sudamericana, con successive modificazioni. Le Isole di Capo Verde sono abitate da specie di origine africana. I due arcipelaghi, Galápagos e Capo Verde, si assomigliano molto nelle condizioni ambientali, eppure non hanno la benché minima comunanza di flore e di faune. La ragione di questa distribuzione è una sola: la discendenza con modificazioni, a partire da specie geograficamente vicine approdate sulle isole grazie a mezzi occasionali di trasporto. Discendenza comune e selezione naturale emergono quindi anche dai dati geografici:

> *... tutte queste relazioni sono inspiegabili con la teoria della creazione indipendente di ogni specie; sono invece comprensibili se si ammette la colonizzazione dalla sorgente più vicina o più accessibile, insieme ad un conseguente adattamento degli immigrati alle loro nuove dimore.* (p. 477)*

[7] Darwin nota con accuratezza che non esistono mammiferi terrestri su isole oceaniche che distino più di 300 miglia dal continente o dall'isola continentale più vicina. Per tratti di mare più stretti, restano comunque pochissimi (la volpe delle Falkland ne è un esempio). I pipistrelli sono invece molto diffusi, con numerose specie endemiche in isole oceaniche. Dato che è dimostrata l'ottima capacità dei mammiferi di adattarsi alle isole (dove anzi diventano spesso invasivi, quando introdotti dall'uomo), queste evidenze, oltre a essere incomprensibili in termini di "creazioni speciali", si accordano perfettamente con "la tesi della efficacia di mezzi occasionali di trasporto" (p. 469). È sufficiente un canale profondo, come la linea di Wallace nell'arcipelago malese, per separare due faune distinte di mammiferi terrestri.

4. *Evoluzione e sviluppo: i meravigliosi "fatti dell'embriologia"*

I due pilastri del nucleo darwiniano (discendenza comune e selezione naturale) si manifestano tanto nei vasti scenari esterni agli organismi, quanto nelle loro minute conformazioni interne, e in particolare nelle modalità di crescita e di sviluppo. La dualità verrà presto a estendersi e diverrà una dialettica tra fattori strutturali (nel polo della discendenza comune) e fattori funzionali (nel polo della selezione naturale). Il modo in cui il naturalista inglese fa interagire lo sviluppo individuale e l'evoluzione delle specie – nella terza categoria di fatti comprovanti la discendenza comune con modificazione, dopo quelli paleontologici e quelli biogeografici – è molto più raffinato rispetto alle usuali letture, di tipo "progressionista", che circondano questo argomento. Nell'*Autobiografia* Darwin assegna all'embriologia un posto d'onore in OdS e si rammarica di non averle dato sufficiente spazio, con il risultato che il merito per queste ricerche è riconosciuto maggiormente a Fritz Müller e a Ernst Haeckel:

> *Nel corso del mio lavoro per l'*Origine *nessun argomento mi diede tanta soddisfazione quanto la spiegazione della grande differenza esistente in molte classi fra l'embrione e l'animale adulto, e della grande somiglianza fra gli embrioni degli animali di una stessa classe.* (ed. it. cit. p. 107)

Nel paragrafo del capitolo quattordicesimo dove sono discussi "i fatti dell'embriologia", la sottolineatura è ripetuta: "È questo uno degli argomenti più importanti in tutto il dominio della storia naturale" (p. 506, e poi p. 517). Le straordinarie metamorfosi degli animali nel corso del loro sviluppo (mute, stadi larvali, generazioni alternate) rappresentano per Darwin un'altra meraviglia del mondo naturale. Parti dello stesso individuo che sono identiche in un periodo embrionale precoce si differenziano gradualmente nello stato adulto, andando ad assumere funzioni diverse (torna qui l'idea della divisione del lavoro) (p. 507). Ma soprattutto, i naturalisti sanno che gli embrioni di specie assai diverse fra loro nello stadio adulto (come mammiferi, uccelli e rettili) sono molto simili. E più la fase di sviluppo è precoce, più sono simili (p. 508). Come spiegare questa "legge della somiglianza embrionale"?

Perché l'embrione sembra "un documento delle passate condizioni della specie", essendo rimasto quasi inalterato rispetto alla discendenza successiva (p. 303)? La risposta darwiniana contempla un ingrediente lamarckiano, il "principio dell'eredità in età corrispondente" (p. 515):

> *Tutti i tipi di somiglianza embriologica si spiegano con il fatto che gli antenati delle nostre specie attuali sono cambiati dopo la loro prima giovinezza, e hanno trasmesso i loro nuovi caratteri acquisiti ai loro discendenti, a una età corrispondente.* (p. 303)

Dunque la spiegazione è centrata sull'ipotesi che i cambiamenti evolutivi subentrati in un'età della vita avanzata (la forma adulta) vengano trasmessi ai discendenti in corrispondenza con la stessa età. Se una variazione appare per la prima volta a una certa età nei genitori, ricomparirà nei discendenti a un'età corrispondente. L'embrione non viene toccato da questi cambiamenti e rimane inalterato, come testimone dei primi stadi di sviluppo delle specie antenate:

> *... l'adulto differisce dall'embrione a causa di variazioni sopravvenute in età non precoce, che sono state ereditate dai discendenti all'età corrispondente. Questo processo, mentre lascia l'embrione quasi inalterato, differenzia in misura sempre maggiore l'adulto, nel corso di successive generazioni. L'embrione resta così come una sorta di ritratto, conservato dalla natura, della condizione precedente e meno modificata della specie.* (p. 422)

Più precisamente, l'embrione è "un ritratto più o meno sbiadito del progenitore, sia allo stato larvale che a quello adulto, di tutti i membri della stessa grande classe" (p. 517). Quindi le evidenze dell'embriologia soggiacciono a due principi centrali:

> *Questi due principi, cioè la generale comparsa di lievi variazioni in un periodo non molto precoce, e il fatto che esse vengano ereditate in età corrispondente, spiegano, secondo me, i fondamentali fatti dell'embriologia.* (p. 512)

La differenziazione negli stadi adulti fa sì che specie oggi molto diverse (come per esempio mammiferi e pesci) condividano le prime fasi dello sviluppo embrionale, sulle quali il processo selettivo non ha alcun interesse a intervenire. L'effetto di "ricapitolazione" che riscontriamo nello sviluppo individuale è dovuto al sommarsi, nel corso dell'evoluzione, di differenze divergenti negli stadi più avanzati della crescita e non in quelli giovanili, pur con molte eccezioni (che subentrano tutte le volte in cui è necessario che gli stadi larvali o giovanili sopravvivano alle stesse condizioni di vita degli adulti – p. 514). Se invece è l'adulto ad adattarsi a condizioni in cui certe strutture non sono più necessarie (per esempio a causa di un comportamento da parassita), la metamorfosi sarà regressiva e gli stadi giovanili saranno più "avanzati" di quelli adulti. Nello strano caso del coleottero *Si-*

taris, parassita delle api, le regressioni e gli avanzamenti si alternano in modo peculiare (p. 515).

Anche Agassiz aveva notato che gli animali antichi allo stadio adulto assomigliano per certi aspetti agli embrioni di animali attuali della stessa classe (p. 517). Al netto di tutte le irregolarità ed eccezioni, le somiglianze embriologiche rappresentano quindi un'altra fonte di prove della discendenza comune, con quel loro "andamento quasi parallelo alla successione geologica delle forme estinte" (p. 422), benché non sia facile raccogliere prove in tal senso nei fossili. È assai probabile, scrive Darwin, che "in molti animali gli stadi embrionali o larvali rappresentino, più o meno completamente, lo stadio adulto del progenitore del gruppo" (p. 516), come succede per le larve a forma di nauplio nei crostacei o per gli embrioni che richiamano adattamenti alla vita acquatica nei mammiferi, negli uccelli, nei rettili e nei pesci. Ne discende un principio metodologico generale: la comune struttura embrionale rivela la comune discendenza, ma non viceversa.

> *Se due o più gruppi di animali, per quanto possano differire per struttura e abitudini allo stato adulto, passano attraverso stadi embrionali molto simili, possiamo essere certi che essi discendono tutti da un antenato comune, e sono di conseguenza strettamente imparentati. La comune struttura embrionale rivela dunque la comune discendenza; ma la dissomiglianza nello sviluppo embrionale non prova il contrario, perché in uno dei due gruppi gli stadi di sviluppo possono essere scomparsi, o possono essere stati talmente modificati dall'adattamento a condizioni nuove di vita, da non essere riconoscibili.* (p. 517)

L'embriologia è per Darwin un serbatoio di evidenze anche a favore della gradualità. I "gradi impercettibili" con cui si sviluppa ogni particolare della struttura di un organismo fin dallo stato embrionale dimostra che nel passato non vi sono state modificazioni né di grande entità né rapide né importanti, bensì un lento accumulo di piccole variazioni per selezione naturale (p. 304). Tuttavia, non è detto che lo sviluppo rappresenti necessariamente un "progresso" nell'organizzazione:

> *Nel corso dello sviluppo l'embrione generalmente cresce in termini di organizzazione; uso questa espressione pur sapendo come sia quasi impossibile definire che cosa si intenda per organizzazione superiore o inferiore. Ma probabilmente nessuno vorrà negare che l'organizzazione di una farfalla sia superiore a quella di un bruco. Tuttavia in alcuni casi l'animale adulto si può considerare inferiore alla sua larva, come per esempio accade nel caso di certi crostacei parassiti.* (p. 509)*

Anche nei cirripedi gli stadi di sviluppo attraversano, senza progressione, livelli molto diversi di complessità: le loro larve rivelano che sono crostacei, benché nella forma adulta assomiglino molto di più a molluschi (p. 517). Nei "maschi complementari" di alcuni pesci – ridotti a contenitori di liquido seminale per la riproduzione, senza bocca, stomaco e altri organi – lo sviluppo ha fatto retrocedere drasticamente la complessità dell'organizzazione (p. 510). In altre forme, come ragni e afidi, il giovane non è molto dissimile dall'adulto. Ancora una volta, Darwin descrive una casistica eterogenea di soluzioni, in tutta la sua irreprimibile pluralità di strategie possibili. L'embriogenesi non è una marcia di avvicinamento alla forma adulta, ma un altro terreno di sperimentazione per la selezione naturale.

I tratti embrionali, non adattativi rispetto alle esigenze di vita dell'adulto[8] e ricchi di strutture vestigiali, sono anche particolarmente diagnostici per le classificazioni (p. 492), come sosteneva Haeckel (p. 501). Infatti:

> *I punti della struttura in cui gli embrioni di animali molto diversi appartenenti alla stessa classe si assomigliano non hanno spesso alcun rapporto diretto con le loro condizioni di vita.* (p. 508)

Sono quindi tratti "omologhi", come vedremo tra poco, i più utili secondo Darwin per tracciare le discendenze. Nella sesta edizione, nel paragrafo sui modi di transizione del capitolo sesto, Darwin aggiunge un interessante capoverso nel quale prende in seria considerazione come modalità di formazione di strutture complesse quelle che oggi noi chiamiamo "eterocronie" e che a quel tempo lui definisce "accelerazione o ritardo del periodo della riproduzione" (p. 245). Infatti le caratteristiche della specie cambierebbero considerevolmente se a causa di queste alterazioni nei tempi di riproduzione si perdesse, per esempio, "lo stato adulto di sviluppo". Darwin ipotizza infatti che l'età della riproduzione incida sui caratteri ereditati dalla progenie: un genitore più giovane o più vecchio trasmette i suoi caratteri giovanili o senili. Dato che gli stadi larvali sono spesso molto diversi dalle forme adulte, un'anticipazione della riproduzione potrebbe rappresentare un "modo di transizione relativamente subitanea" (ibid.). Può avvenire anche il contrario: lo sviluppo si prolunga anche nell'età matura (in particolare nei mammiferi), l'età della riproduzione ritarda e "le fasi anteriori e primitive dello sviluppo in qualche caso verrebbero accele-

8 Come i girini di una salamandra di montagna che hanno le branchie e possono vivere in acqua, benché essi non ne abbiano mai bisogno nella loro vita terrestre (p. 518).

rate e infine si perderebbero" (ibid.). A volte la selezione può favorire un'accelerazione dello sviluppo, altre volte un rallentamento (p. 514). Al di là delle ipotesi specifiche, è evidente che Darwin considera i tempi e i ritmi dello sviluppo come un terreno di sperimentazione dell'evoluzione, la quale definisce sì gradualmente le differenze tra giovane e adulto, e tra adulto e vecchio, ma può anche modificare le tempistiche complessive dello sviluppo, anche eliminando i primi stadi di sviluppo (p. 511).

Allora l'evoluzione agisce anche sul processo di sviluppo e sui suoi meccanismi di differenziazione. Da un lato,

> *Le mostruosità delle piante ci forniscono spesso la prova diretta della possibilità che un organo si trasformi in un altro, e negli stadi precoci o embrionali dello sviluppo dei fiori, nonché dei crostacei e di molti altri animali, possiamo vedere una perfetta somiglianza fra organi che, quando hanno raggiunto il completo sviluppo, sono estremamente differenti.* (p. 504)

Dall'altro, anche se non sappiamo come i corpi degli organismi si siano divisi in segmenti (forse per moltiplicazione cellulare e suddivisione – ibid.), nel processo di discendenza con modificazione la selezione naturale potrebbe aver lavorato proprio su queste "omologie seriali e laterali" di tipo strutturale, trasformando e diversificando organi primordiali (come vertebre e zampe) in crani e mascelle (p. 506). Allo stesso modo, se uno stadio larvale deve provvedere a se stesso per sopravvivere (come in alcuni insetti), si modificherà per selezione naturale, disobbedendo alla legge della comune somiglianza embrionale (p. 509). Tra "ontogenesi" (sviluppo individuale) e "filogenesi" (discendenza comune delle specie) esistono dunque legami profondi, la cui ragion d'essere sta nel fatto che le esigenze funzionali devono trovare di volta in volta compromessi con i vincoli strutturali e di sviluppo dei modelli corporei degli organismi.

5. *Unità di tipo e condizioni di esistenza*

Generalizzando queste evidenze circa l'esistenza di una dualità di fattori (funzionali e strutturali), nota Darwin alla fine del capitolo sesto e poi nel quattordicesimo, "unità di tipo" (le strutture morfologiche ereditate) e "condizioni di esistenza" (le pressioni selettive esterne) rappresentano le "due grandi leggi" del cambiamento evolutivo (p. 264), laddove sono però soltanto le prime a garantire la possibilità di affidabili classificazioni sistematiche dei viventi. L'omologia morfologica è niente meno che "l'anima

della storia naturale", la quarta categoria di fatti comprovanti la discendenza comune:

> *Cosa può esservi di più singolare del fatto che la mano dell'uomo, formata per afferrare, quella della talpa per scavare, la zampa del cavallo, la natatoia del delfino e l'ala del pipistrello, siano costruite sullo stesso modello, e comprendano ossa simili, nelle stesse posizioni relative?* (p. 501)

Darwin sembra apprezzare in numerosi passaggi il valore squisitamente formale degli esseri viventi, per esempio le "simmetrie" della crescita che rendono così belli i "minuti astucci silicei delle diatomee" (p. 258), le "leggi di costruzione" omologhe della bocca degli insetti e di altri organi così ben descritte da Geoffroy Saint-Hilaire (p. 502), le omologie seriali all'interno del piano strutturale di un organismo (pp. 503-506). Ecco dunque la prima grande legge, *Unity of Type*, la conformità di tipo riconducibile alla discendenza comune e all'eredità da un antenato comune:

> *Unità di tipo significa quella concordanza fondamentale nella struttura che vediamo negli esseri viventi della stessa classe, e che è del tutto indipendente dalle loro abitudini di vita. Secondo la mia teoria, l'unità di tipo è spiegata dalla unità di discendenza.* (p. 264)

In questo dominio di caratteri, non hanno alcuna voce in capitolo né l'utilità né "la dottrina delle cause finali" (p. 502)*. Quello che i naturalisti continentali di scuola strutturalista chiamavano "archetipo" diventa in Darwin l'antenato comune (p. 503) – per esempio tra mammiferi, uccelli e rettili – ovvero il portatore di un modello comune, che poi la selezione può far evolvere solo lentamente e per piccole modificazioni. Ecco perché ritroviamo ancora la costruzione omologa degli arti: il processo selettivo agisce sul materiale esistente, compresi i suoi vincoli, e ci vuole molto tempo prima che la struttura di partenza più profonda venga alterata fino al punto di non riconoscerla più.

Sul versante opposto, i parallelismi, le convergenze di adattamenti simili (come gli occhi evolutisi per almeno sei volte separatamente) e le "somiglianze analogiche" funzionali sono ingannevoli, perché sembrano testimoniare una parentela stretta fra due specie quando invece si sono sviluppati indipendentemente in rami non contigui dell'albero della vita: sono della massima importanza per il benessere dell'individuo, ma pressoché prive di valore per i sistematici (p. 493). Questa distinzione fra somiglianze funzionali superficiali e affinità strutturali profonde, fra tratti di base e caratteri derivati, è ancora oggi uno dei principi (insieme alla

condivisione di innovazioni evolutive) delle ricostruzioni filogenetiche[9]. Darwin vi dedica larga parte del penultimo capitolo, il quattordicesimo, dove elenca numerosi e variegati esempi di somiglianze analogiche, dai mimetismi agli organi di senso e di difesa, resi come ulteriori esempi dell'efficacia a volte sorprendente del processo selettivo (pp. 492-497).

L'"unità di tipo" è il segno della discendenza inscritto nelle strutture profonde dei viventi e nelle loro correlazioni di sviluppo. In questa categoria cadono tutti quei caratteri cristallizzatisi da lungo tempo e divenuti molto meno variabili (p. 215). Le "condizioni di esistenza" esterne, attraverso la selezione naturale, plasmano invece di volta in volta adattamenti funzionali, che coprono i segni della storia precedente e producono caratteri specifici, ancora oggi più variabili (p. 216). Non denotano affinità reali, ma adattamenti convergenti (p. 492). Ecco dunque la seconda grande legge, *Conditions of Existence*, riconducibile alla selezione naturale:

> *L'espressione delle condizioni di esistenza, su cui così spesso ha insistito l'illustre Cuvier, è interamente compresa nel principio della selezione naturale. Infatti la selezione naturale agisce o adattando oggi le varie parti di ogni essere alle sue condizioni organiche e inorganiche di vita; o avendole adattate in periodi passati: gli adattamenti essendo in molti casi aiutati dall'aumentato uso o non uso delle parti, influenzati dalla diretta azione delle condizioni esterne di vita, e sottoposti in tutti i casi alle diverse leggi dello sviluppo e della variazione.* (p. 264)

Il dualismo di omologie e analogie permette a Darwin di avanzare predizioni scientifiche molto eleganti. Se troviamo "lo stesso organo in diversi membri della stessa classe" e questi hanno abitudini di vita molto differenti, possiamo prevedere che la presenza di quell'organo sia dovuta "all'eredità ricevuta da un progenitore comune, e la sua assenza in alcuni membri alla perdita dovuta al non uso o alla selezione naturale" (p. 247). Se lo stesso organo è posseduto da specie non imparentate tra loro, dobbiamo aspettarci che osservando meglio la sua struttura interna si notino differenze sostanziali di costituzione e di funzionamento, dovute al diverso materiale di partenza su cui ha lavorato il processo selettivo. Se specie non affini hanno lo stesso organo, dobbiamo invece prevedere che vivano nelle stesse condizioni ambientali e abbiano necessità adattative analoghe. Se

[9] Nella sesta edizione Darwin adotta la terminologia proposta da Edwin Ray Lancaster, che chiama "omogenee" le strutture che si assomigliano in animali diversi a causa della discendenza comune e "omoplastiche" le somiglianze funzionali superficiali (p. 505).

una singola specie, come la viscaccia tra i roditori, presenta maggiori somiglianze con un gruppo del tutto diverso, come i marsupiali, significa che ha trattenuto un maggior numero di caratteri dell'antenato comune fra roditori e marsupiali (p. 498).

Dunque non vi è alcuna difficoltà nel fatto "che un organo apparentemente uguale si trovi in varie specie lontanamente affini" (p. 247), come supponeva lo zoologo St George Mivart. Non è certo necessario ricorrere a creazioni speciali quando sappiamo che esistono fenomeni di convergenza funzionale per selezione naturale, come nel caso degli occhi dei cefalopodi e dei vertebrati, evolutisi indipendentemente:

> *Come due uomini hanno talora fatto indipendentemente la stessa invenzione, così nei numerosi casi predetti è evidente che la selezione naturale, operando per il bene di ogni essere, e traendo vantaggio da tutte le variazioni favorevoli, ha prodotto organi simili, per quanto riguarda la funzione, in esseri viventi diversi, la cui struttura comune non dipende dall'eredità ricevuta da un comune progenitore.* (p. 248)

L'analogia sarà comunque imperfetta, perché quelle due forme di occhio, nei cefalopodi e nei vertebrati, sono figlie di due processi di variazione distinti ("la variabilità non sarebbe stata esattamente la stessa", p. 249) e soprattutto perché il processo selettivo ha lavorato su "materiali" di partenza differenti:

> *Di conseguenza la selezione naturale avrebbe operato su materiali o variazioni differenti, per arrivare allo stesso risultato funzionale; le conformazioni così acquisite, quasi necessariamente, sarebbero state diverse. Secondo l'ipotesi di atti separati di creazione l'intero caso è incomprensibile.* (p. 249)

La somiglianza tra due specie che vivono in ambienti simili, ma molto distanti fra loro (per esempio due caverne buie, in America e in Europa – p. 202), è per Darwin dovuta alle analogie di struttura prodotte dalla selezione naturale (occhi atrofizzati in entrambi i casi). Tuttavia, anche per confutare la "vecchia concezione tradizionale" delle creazioni indipendenti (p. 203), al naturalista inglese preme sottolineare che esisteranno sempre profonde differenze e unicità, dovute alla maggiore affinità che le specie cavernicole hanno con le diverse forme rispettivamente americane ed europee con cui sono più strettamente imparentate. Le somiglianze sono superficiali, ciò che conta sono le differenze dovute alle diverse genealogie. Se il nostro obiettivo è valutare le parentele genealogiche, la discendenza comune (manifesta sotto forma di omologie) prevale sulla convergenza adattativa o somiglianza per

analogia (che anzi può confondere le idee a chi deve classificare gli esseri viventi in un'ottica evoluzionistica). Le successive interpretazioni "adattazioniste" della teoria darwiniana, tutte centrate sul potere della selezione naturale di produrre convergenze funzionali progressive, si discostano dunque da questo caposaldo dell'approccio darwiniano originale.

Nella dialettica tra unità di tipo (omologie e vincoli strutturali preesistenti) e condizioni di esistenza (analogie e adattamenti funzionali), in termini di rilevanza esplicativa generale è vero che la conclusione teorica di Darwin – che rimane in questo fedele alla tradizione funzionalista inglese – è che la priorità causale vada tutto sommato alle condizioni di esistenza (la "legge più alta"), perché i vincoli strutturali ancestrali sono a loro volta quasi sempre figli di adattamenti anteriori ereditati, e dunque le unità di tipo vanno alla fine ricomprese entro una spiegazione storica di tipo funzionale.

> *... la legge delle condizioni di esistenza è di fatto la legge più alta, poiché comprende, attraverso l'eredità delle variazioni e degli adattamenti anteriori, quella delle unità di tipo.* (p. 264)

Darwin ritiene "un'obiezione molto seria" quella di chi pensa che l'evoluzione avvenga per "una tendenza innata verso uno sviluppo progressivo" o per qualche altra legge interna della forma (oggi diremmo, legge di "auto-organizzazione") (p. 268). La disposizione delle cellule nei tessuti, delle foglie nel fusto, le divisioni numeriche nelle parti del fiore, la posizione degli ovuli, la forma dei semi, le simmetrie, altre regolarità formali: possibile che sia tutto frutto della selezione naturale? Proprio tutto no, risponde Darwin, perché contano anche le correlazioni di crescita, le interazioni tra le parti e altri fattori strutturali (pp. 270-272), tuttavia l'utilità funzionale resta la causa prevalente del cambiamento evolutivo (a volte insospettabile, come per la lunghezza delle orecchie e della coda in molti mammiferi) e l'unica in grado di spiegare "le innumerevoli strutture così bene adattate alle abitudini di vita di ciascuna specie" (p. 268).

Il principio metodologico darwiniano è chiaro: prima di sostenere che una struttura è del tutto inutile, o è "puramente morfologica", o è bizzarra come i fiori di certe orchidee, ci vuole l'onere della prova. Si scoprono in continuazione le funzioni di tratti che non capivamo. Eppure, quella che nei dibattiti pre-darwiniani era un'opposizione tra principi pressoché inconciliabili di spiegazione delle forme organiche diventa ora una dialettica storica tra funzioni e strutture, con priorità causale assegnata alle prime. Dalle citazioni di OdS si arguisce chiaramente che Darwin ha ben presente la tradizione biologica strutturalista continentale, che non solo rispetta ma

considera foriera di intuizioni feconde. Antichi adattamenti diventano oggi vincoli strutturali. A loro volta, i vincoli strutturali possono essere ingaggiati nello svolgere nuove funzioni adattative. La convergenza funzionale non è mai profonda e talvolta Darwin sembra attribuirne la causa non soltanto ai vincoli omologici della discendenza comune ma anche "alla conseguente tendenza a variare in modo simile" (p. 218). Vediamo insomma all'opera il doppio asse della spiegazione darwiniana: discendenza comune (storia, strutture, omologie) e selezione naturale (funzioni, caratteri specifici, analogie).

Se è così, significa che la selezione naturale deve scendere a compromessi con il materiale a disposizione, che è pieno di vincoli interni e di limiti fisici[10]. Dato che la materia di partenza non è la stessa, le somiglianze analogiche non sono mai perfette (p. 494). Inoltre, una pressione selettiva può perturbare strutture preesistenti, generando effetti collaterali dovuti alle trame di variazioni correlate e di correlazioni di sviluppo presenti negli organismi (pp. 206-209). Un utile adattamento può quindi avere strascichi non funzionali in parti correlate. La selezione in definitiva può "migliorare" gli organismi solo rispetto a "condizioni organiche e inorganiche di vita" contingenti e solo rispetto a un quadro di vincoli ereditati, non ambire a una perfezione ingegneristica ottimale.

Il passato lascia i suoi segni sotto forma di imperfezioni e di stranezze. Lo testimoniano anche i numerosi tratti rudimentali o vestigiali, atrofizzati e abortiti (descritti nell'ultimo paragrafo del penultimo capitolo) che persistono nelle morfologie organiche pur recando "l'impronta dell'inutilità" (p. 517): mammelle maschili, abbozzi di arti posteriori e di pelvi nel *Boa constrictor*, denti nei feti di balena, petali rudimentali. A volte un organo con due funzioni diventa rudimentale per una e rimane efficiente per l'altra, oppure, come vedremo nel prossimo capitolo, diventa rudimentale per una funzione e ne acquisisce un'altra (p. 519). Occhi atrofizzati e ali dismesse sono un altro segno della storia, l'inerzia di parentele lontane (che Darwin chiama "forza dell'eredità", p. 519), indizi di omologie, strutture in

10 Darwin è quindi disponibile a considerare l'importanza dei fattori strutturali, ma senza mai spingersi a eccessive generalizzazioni in tal senso. Per esempio, ritiene che la legge della compensazione o della "economia della crescita", proposta anche da Goethe, per cui il maggior sviluppo di una parte dell'organismo si tradurrebbe simmetricamente nella riduzione di un'altra adiacente o correlata, per quanto plausibile sia di difficile applicabilità. La selezione naturale può infatti atrofizzare un organo divenuto superfluo senza con ciò ipertrofizzarne un altro adiacente, e viceversa (p. 210). Ciò che conta è che il processo selettivo, al netto dei vincoli che incontra, agisca sulla base di criteri di economicità.

disuso che i processi di selezione naturale tollerano oppure riutilizzano, modificandoli per nuove funzioni[11].

Con una bellissima metafora tratta dalla linguistica, Darwin spiega i tratti vestigiali così:

> *Gli organi rudimentali possono essere paragonati alle lettere di una parola, che pur essendo conservate nella grafia sono diventate inutili per la pronuncia, ma servono come chiave per l'etimologia.* (p. 523)

6. *"Evoluzione", un termine scomodo*

Difficile ravvisare in tutto ciò un piano di intelligenza progettuale divina o una trionfale marcia di progresso. Gli organi vestigiali non sono stati creati "per amore della simmetria" (p. 521). Sono piuttosto un'altra evidenza della discendenza comune. Ciò che per "la vecchia dottrina della creazione" era una difficoltà (il tema dell'imperfezione in natura), diventa addirittura una predizione: qualcosa cioè che "si sarebbe persino potuto prevedere, in armonia con i principi qui spiegati" (p. 523). Se dunque la metafora più calzante per la selezione naturale non è l'ingegneria, ma il bricolage artigianale, e il marchio di fabbrica della storia naturale è l'imperfezione, un altro tassello fondamentale della teologia naturale viene a cadere.

Darwin era a tal punto sicuro della necessità di scindere la sua teoria da qualsiasi coloritura finalistica che il termine stesso "evoluzione" – nella prima edizione usato una volta soltanto, come verbo, nell'ultima frase di OdS (*have been, and are being, evolved*, p. 554) e poi ripreso un'altra volta in un'aggiunta della sesta edizione – lo lasciava perplesso, essendo già stato adottato tecnicamente alla metà del Settecento per descrivere lo "sviluppo" dell'individuo in senso preformistico, qualcosa cioè che si srotola o svolge (dal latino *evolvere*) lungo una direzione programmata. "Evoluzione" era usato anche per indicare il manifestarsi di strutture embriologiche ignote. Un dispiegamento di forme già inscritte fin dall'inizio, e con un esito adulto necessario, era esattamente l'idea che voleva evitare per descrivere le trasformazioni delle specie (Gould, 1977). Come abbiamo visto, per Darwin nemmeno lo sviluppo embrionale rispetta un'universale legge di accrescimento dell'organizzazione (p. 509).

11 Come nel caso dell'ala del pinguino, che funge da pinna. Darwin acutamente fa però notare che a volte è difficile distinguere organi rudimentali in disuso, organi rudimentali riadattati e organi nascenti (p. 519). Bisogna affidarsi all'analogia con altre specie.

Preferì sempre i termini più neutrali di "trasmutazione", "mutamento" o "discendenza con modificazioni", anche perché negli anni in cui scriveva le sue opere l'uso comune della parola "evolution" in Inghilterra era associato proprio al succedersi progressivo di forme lungo un processo di perfezionamento dal semplice al complesso. Sarà infatti poi Herbert Spencer il principale propagandista del termine "evoluzione", in un senso progressionista che avrà poco di darwiniano e molto di lamarckiano. Era stato lo stesso Spencer, del resto, a inventare quell'espressione "sopravvivenza del più adatto" che avrà un'enorme fortuna soprattutto fra i magnati dell'industria inglese e nordamericana come metafora della giungla del mercato. Darwin non si esime dal rimarcare (p. 190) quanto siano "inutili" le "speculazioni" di Spencer sulle origini della vita e sulla sua tendenza a progredire.

Benché Darwin condividesse nella sostanza la visione competitiva della libera impresa (come scriverà chiaramente ne *L'origine dell'uomo*), mostrò sempre una certa diffidenza nei confronti dei tentativi, spesso maldestri, di applicare le sue teorie alla società umana, all'economia e a tutto lo scibile umano, come fecero in maniere diverse Spencer ed Haeckel. Il fatto che il padre della "teoria dell'evoluzione" non volesse usare il termine "evoluzione" è un chiaro indizio della sua convinzione che nella spietata storia naturale non vi fosse alcuna direzione né alcun piano preordinato, bensì un gioco di compromessi fra leggi generali e dettagli contingenti:

> *La selezione naturale, o la sopravvivenza del più adatto, non include necessariamente uno sviluppo progressivo: essa unicamente si avvantaggia delle variazioni che sorgono e che sono utili a ciascuna creatura nelle sue complesse relazioni di vita.* (p. 189).

Non vi è infatti alcunché di direzionale né nella variazione né nei mutamenti ambientali. La selezione naturale fa quello che può in circostanze contingenti e locali. A volte sembra favorire tratti apparentemente insulsi (come la coda scacciamosche della giraffa – p. 253), ma chi può dire che cosa sia realmente insignificante nell'evoluzione? Una lieve variazione vantaggiosa (nella resistenza agli attacchi degli insetti, per esempio) può fare la differenza. Se differenze individuali favorevoli non sorgono o non c'è tempo abbastanza, il grado di organizzazione non avanza (p. 190). Inoltre, precisa Darwin, "i naturalisti non hanno ancora definito in modo soddisfacente per tutti che cosa significa un avanzamento (*advance*) nell'organizzazione" (p. 187)*. Non esiste insomma un criterio condiviso per definire la nozione di "progresso" nell'evoluzione, né al tempo di Darwin

né oggi. "Fino a qual punto l'organizzazione tende a progredire" è il titolo di un paragrafo del capitolo quarto (p. 187) in cui il naturalista inglese nella terza edizione di OdS condensa tutti i suoi dubbi sul "molto intricato" argomento. L'analogia con lo sviluppo individuale (la "evoluzione", appunto) non funziona, perché in alcune specie le parti mature sono meno perfette di quelle larvali.

La selezione tende sì a diversificare e specializzare le parti di un organismo, ma può anche farlo retrocedere "nella scala dell'organizzazione" rendendo superflui alcuni organi. Anche se in linea generale la selezione tende a far avanzare il grado di organizzazione dei viventi, diventare più complessi non è una necessità evolutiva, come dimostrano lombrichi, anfiossi e vermi intestinali (p. 189). Ciò è tanto vero che "forme basse e semplici perdureranno a lungo se bene adatte alle loro semplici condizioni di esistenza" (p. 193) e animali che hanno raggiunto elevati stadi di complessità possono persino accomodarsi a condizioni più semplici di vita se ciò risulta vantaggioso in termini di selezione naturale.

> *Ma si potrà obiettare, come mai, se tutti gli esseri viventi tendono a elevarsi nella scala naturale, ancora esiste una moltitudine di forme inferiori;e perché, in ogni grande classe, alcune forme sono molto più altamente sviluppate di altre? Perché le forme più altamente sviluppate non hanno dovunque soppiantato e sterminato quelle inferiori?* (p. 188)

La "tendenza innata e inevitabile verso la perfezione in tutti gli esseri viventi" è argomento lamarckiano dal quale vuole distanziarsi. I parassiti, nota Darwin, si sono evoluti da organismi ancestrali che vivevano liberi e hanno perso nel corso del processo organi e abilità, adattandosi a una modalità di vita più semplice ma parimenti efficiente. Dunque la maggiore complessità[12] non è un esito inevitabile dell'evoluzione, ma dipende dalle condizioni iniziali, dalle circostanze e dall'esplorazione contingente di nuove possibilità. Il processo selettivo è indifferente a parametri astratti di semplicità e complessità. Preferisce piuttosto una spiccia economicità, evitando costosi sprechi di risorse: "la selezione naturale si sforza continuamente di risparmiare in ogni parte dell'organizzazione" (p. 210)*.

12 Darwin ritiene che una misura della "complessità" di un organismo sia data dalla "quantità delle differenziazioni delle sue parti" o dalla "compiutezza della divisione del lavoro fisiologico" (p. 187). Oggi diremmo: dal numero di parti e di relazioni tra le parti, unitamente alla loro specializzazione funzionale. Il perdurare fino a oggi dei dibattiti su questa controversa nozione mostra però quanto avesse ragione Darwin nel definirlo "un tema oscuro" (*obscure subject*).

Dunque il "perfezionamento" prodotto dalla selezione, anche se a volte (come nei coadattamenti tra orchidee e insetti) raggiunge vette di pura meraviglia, è sempre relativo:

> *La selezione naturale tende solamente a rendere ciascun essere vivente altrettanto perfetto, o un po' più perfetto, degli altri abitanti della stessa regione con cui entra in concorrenza. E vediamo che questo è il livello di perfezione che si raggiunge in natura.* (p. 260)*

Le specie autoctone della Nuova Zelanda sembrano perfette per il luogo, ma poi vengono soppiantate da specie invasive, segno che la perfezione assoluta in natura non esiste. In uno dei passaggi più memorabili di OdS, Darwin scrive:

> *La selezione naturale non produrrà la perfezione assoluta, né ritroviamo mai, per quanto possiamo giudicare, questo alto standard in natura.* (ibid.)

Nemmeno gli istinti sono "assolutamente perfetti" (p. 308), nemmeno forse il favo delle api domestiche (p. 324) e nemmeno l'occhio umano, così perfetto all'apparenza, lo è del tutto: ci sono inesattezze e incongruenze, che scuotono l'idea di un'armonia prestabilita delle forme organiche. Nelle conclusioni, in un passo molto efficace, ribadisce che l'imperfezione dovrebbe essere la norma in natura e che dovremmo semmai meravigliarci di non trovarne di più. Il mondo naturale è pieno di spreco, di odio istintivo, di crudeltà, di bruttezza (dai serpenti velenosi a certi mostruosi pipistrelli):

> *Non dobbiamo meravigliarci se tutti gli espedienti della natura non sono, per quanto ci è dato di giudicare, assolutamente perfetti, come persino nel caso dell'occhio umano, o se alcuni di essi ripugnano alle nostre idee sull'adattamento. Non dobbiamo meravigliarci che il pungiglione, quando è usato dall'ape contro un nemico, provochi la morte dell'ape stessa; che i maschi degli insetti siano prodotti in così gran numero per compiere un solo atto e che siano successivamente massacrati dalle loro sterili sorelle; né dobbiamo meravigliarci dell'enorme spreco di polline da parte dei nostri pini; dell'odio istintivo dell'ape regina per le sue figlie feconde; degli icneumonidi che si nutrono entro il corpo viventi dei bruchi; e di altri casi simili. La meraviglia invero è, in base alla teoria della selezione naturale, che non siano stati individuati casi più numerosi di mancanza di assoluta perfezione.* (p. 538)*

Eppure, rimanendo sulla Nuova Zelanda come esperimento mentale, Darwin ipotizza che se le specie "superiori" inglesi si naturalizzassero in

massa da quelle parti avrebbero un grande successo e sterminerebbero le specie autoctone. Al contrario, le specie neozelandesi non avrebbero alcuna fortuna in Europa. Dunque una qualche idea di progresso rimane nascosta nella sua mente, pur fra mille dubbi. Poche pagine dopo il passo prima citato, nelle conclusioni, Darwin scrive che "nell'insieme" le forme più recenti sono superiori alle forme antiche "nella scala dell'organizzazione" (*scale of organisation*), perché le prime hanno soppiantato le seconde (p. 541). Nella cavalcata trionfale della chiusa di OdS si lascia prendere la mano:

> *Possiamo dunque guardare con qualche fiducia verso un futuro avvenire di grande durata. E poiché la selezione naturale lavora esclusivamente mediante il bene e per il bene di ciascun essere, tutte le qualità del corpo e della mente tenderanno a progredire verso la perfezione (*progress towards perfection*).* (p. 553)

Come abbiamo visto, alcune concessioni all'irresistibile metafora del progresso vittoriano compaiono quando Darwin descrive gli adattamenti più ingegnosi oppure quando solleva lo sguardo sugli scenari ecologici più ampi delle trasformazioni delle specie, dove talvolta fanno capolino i riferimenti a progressioni e "tendenze verso la perfezione". Alla fine del capitolo settimo, Darwin nel 1872 aggiunge che la selezione "generalmente" produce un avanzamento nell'organizzazione (*advance in organisation*), in pochi casi una regressione (*retrogression*). Nel paragrafo del capitolo undicesimo dedicato al tema del progresso sulla scala paleontologica, scrive che "la selezione naturale tenderà a specializzare e perfezionare l'organizzazione di ogni individuo e a renderlo in questo senso più elevata" (p. 419). Ma subito aggiunge:

> *...può tuttavia lasciare a molti esseri strutture semplici e non perfezionate, adatte a condizioni elementari di vita, e in alcuni casi può addirittura semplificare e degradare gli organismi, pur lasciando questi esseri degradati più idonei al loro nuovo genere di vita.* (ibid.)

La selezione naturale viene in più occasioni paragonata a "un'opera di miglioramento (*improvement*)" (p. 148), i cui effetti sono direttamente proporzionali al livello di concorrenza in una regione. Ciò è dovuto al ruolo centrale affidato dal naturalista inglese ai processi di specializzazione funzionale, di divisione del lavoro e di competizione biotica (all'interno di una specie e tra specie diverse), in ambienti saturi di esseri viventi che concorrono per le risorse e per lo spazio (il principio dei "cunei"): un continuo

movimento per restare al passo dell'ambiente e dei propri simili, come insegna la Regina Rossa di Lewis Carroll. Ne discende la possibilità di prefigurare l'evoluzione come un successo differenziale di specie "più progredite", con un "miglioramento" costante nell'organizzazione delle forme di vita più recenti e vittoriose. Quindi le forme moderne, se messe in competizione con le forme più antiche, dovrebbero sempre prevalere (p. 420).

Ma poi subentrano subito le cautele: questo presunto progresso su larga scala è solo una "sensazione vaga e mal definita", e in ogni caso non vi è "alcun modo per verificare questo tipo di processo" (p. 148). La superiorità delle forme moderne è solo un'ipotesi, difficilmente verificabile persino tra specie della stessa famiglia:

> *I documenti geologici, sempre imperfetti, non risalgono abbastanza indietro per poter stabilire con assoluta chiarezza se, entro i limiti della storia conosciuta del mondo, l'organizzazione abbia subito avanzamenti su larga scala.* (p. 420)*

Non resta che concludere: "Stabilire se l'organizzazione nel suo insieme sia avanzata è questione in ogni modo eccessivamente intricata" (p. 421)*. L'avanzamento nell'organizzazione (Darwin non usa frequentemente il termine *progress*) in definitiva è una possibilità, non una condizione necessaria. Anche in questo caso, si tratta di uno schema possibile, più o meno frequente nella documentazione evoluzionistica, e non di una legge universale di natura. La selezione naturale non obbliga al progresso: "non esige che gli organismi, arrivati a uno stadio determinato, debbano ulteriormente progredire" (p. 420).

Ecco perché Darwin, quando descrive in OdS la selezione naturale, introduce spesso l'avverbio "metaforicamente". Il nostro è un linguaggio teleologico e antropomorfico, spia a sua volta di vincoli cognitivi profondi, che mal si attaglia al funzionamento della selezione. Possiamo concedere a esso spazio per farci comprendere, come quando diciamo (con Daniel Dennett e altri) che l'evoluzione è un processo di "ricerca e sviluppo" su larga scala o "progetto senza progettista", purché sia chiaro che ne facciamo un uso metaforico e potenzialmente fuorviante. La selezione non è un'entità che agisce, perfeziona, progetta. È un complesso di processi contingenti e non direzionati, ma capaci di sospingere l'evoluzione lungo percorsi che in alcuni casi portano a esiti di stupefacente e ammirevole (con occhi umani) complessità strutturale, e in altri a una durevole, malleabile e resistentissima semplicità.

"Selezione naturale", "sopravvivenza del più adatto" o "conservazione naturale"? "Adattamento" o "ingegnosità"? "Evoluzione", "discendenza con modificazioni" o "trasmutazione"? Come nota giustamente Janet Browne, "Darwin doveva lottare continuamente con il suo vocabolario. La lingua di cui disponeva era quella di Milton e di Shakespeare imbevuta di teleologia, non l'obiettiva, concreta terminologia richiesta dalla scienza" (2006, trad. it. 2007, p. 79).

V

DALL'ORIGINE DELLE SPECIE A OGGI: IL PLURALISMO DARWINIANO

Il programma di ricerca darwiniano ha ricevuto, nel secolo e mezzo che ci separa dalla pubblicazione di OdS, conferme sperimentali provenienti da tutte le scienze della vita ed è oggi la pietra angolare del pensiero biologico. OdS è stato a pieno titolo "uno dei principali artefici della trasformazione del pensiero occidentale" (Browne, 2006, ed. it. cit. p. 153). Il libro ha superato la prova del tempo come raramente accade per altri saggi scientifici. Il nocciolo esplicativo darwiniano – per quanto aggiornato, rivisto ed esteso – può essere considerato un'acquisizione scientifica corroborata oltre ogni ragionevole dubbio. Ciò è avvenuto anche se, come abbiamo visto nel terzo capitolo, Darwin non aveva le idee chiare sulle cause della variazione e sui meccanismi dell'ereditarietà, l'altro lato del suo lungo ragionamento che si ricomporrà solamente negli anni trenta del Novecento con la genetica di popolazioni.

Le evidenze a favore non sono oggi più soltanto di tipo paleontologico-storico e anatomico-comparativo, ma anche di tipo molecolare e sperimentale. L'evoluzione si vede nei fossili, lungo i milioni di anni, e nelle migliaia di generazioni di batteri osservabili in un mese in laboratorio. Naturalmente, come ogni programma di ricerca scientifico in espansione, ha dovuto affrontare riforme profonde a causa del vastissimo e radicale arricchimento della sua base empirica, in particolare nei campi della genetica, della biologia dello sviluppo e dell'ecologia. A tal proposito è importante notare che, rispetto ad alcuni "indurimenti" teorici a senso unico degli epigoni novecenteschi, l'originale formulazione della teoria darwiniana in OdS presenta un particolare pluralismo esplicativo su base probabilistica che si rivela oggi di forte attualità.

1. *La selezione: principale, ma non unica, causa dell'evoluzione*

Darwin non usa mai argomenti di esclusività, nemmeno per la selezione naturale, preferendo affidare le sue spiegazioni a una miscela di schemi plurali e valutando poi caso per caso la frequenza relativa di un modello

esplicativo rispetto a un altro. È una metodologia di notevole modernità, oggi divenuta prevalente dopo ripetuti tentativi di cristallizzare la teoria evoluzionistica attorno a pochi principi forti. L'introduzione di OdS si conclude con un'affermazione particolarmente sentita (dato che è ripetuta più volte anche nella corrispondenza privata) e per certi aspetti sorprendente, secondo la quale: "la selezione naturale è stata il più importante, ma non l'esclusivo mezzo della modificazione" (p. 81)* (*the most important, but not the exclusive, means of modification*).

Nella sesta e ultima edizione del 1872, appena terminata la sintesi finale della sua teoria nelle conclusioni, Darwin aggiunge una dura risposta a quei critici che lo avevano accusato di sottovalutare il ruolo di variazioni che in natura sopravvivono indipendentemente dalla selezione naturale. Così ripete a dodici anni di distanza la non esclusività della selezione:

> *Sembra che io abbia in precedenza sottovalutato la frequenza e il valore di queste ultime forme di variazione, come conducenti a permanenti modificazioni della struttura indipendentemente dalla selezione naturale. Ma poiché le mie conclusioni sono state di recente molto travisate, e si è affermato che io attribuisco la modificazione delle specie esclusivamente alla selezione naturale, mi si permetterà di far notare che nella prima edizione di quest'opera e successivamente ho posto nella posizione più evidente – cioè alla fine dell'introduzione – le seguenti parole: "Sono convinto che la selezione naturale è stata il più importante, ma non l'esclusivo mezzo della modificazione". Ciò non ha valso. Grande è il potere di un'interpretazione pertinacemente erronea* (steady misrepresentation)*; ma la storia della scienza dimostra che fortunatamente tale forza non persiste a lungo.* (p. 545)*

Darwin insistette molto sulla priorità causale ma anche sulla non esclusività della selezione naturale, non soltanto per ragioni di prudenza metodologica ma anche perché la spiegazione evoluzionistica a suo avviso richiedeva schemi plurali, ciascuno con una propria importanza e frequenza relativa. Le ragioni della non esclusività della selezione naturale sono state lungamente sottostimate, ma oggi appaiono centrali sia per capire l'impianto darwiniano sia per interpretare la biologia evoluzionistica contemporanea. In quella non esclusività (posta circolarmente in OdS nell'introduzione e nella conclusione) si condensa infatti il nucleo bipartito del programma di ricerca darwiniano: selezione naturale e discendenza comune.

In alcuni casi, come quello della sterilità dei primi incroci e degli ibridi tra due specie distinte, abbiamo visto che Darwin semplicemente rinuncia alla selezione naturale come causa, perché non ci sono i presupposti del suo funzionamento (un vantaggio diretto individuale o indiretto per la comunità). Quei caratteri sono sorti come effetti collaterali casuali di modificazio-

ni avvenute altrove, nei sistemi riproduttivi. In altre circostanze Darwin sembra però incline ad ammettere che esistano veri e propri "principi indipendenti dalla selezione naturale" (p. 354), cioè modalità alternative di fissazione dei tratti.

Le "altre cause" alle quali sta pensando sono principalmente tre (Sober, 2011, pp. 19-21). In primo luogo, come abbiamo visto, in talune circostanze può valere per Darwin il meccanismo dell'uso e del disuso, con ereditarietà successiva (in alcuni casi lamarckiana, in altri per selezione naturale): "il non uso delle parti ne determina la riduzione, e il risultato è ereditario" (p. 522). In secondo luogo, è assai frequente il mantenimento, nei discendenti, di tratti ancestrali non più adattativi o persino disadattativi, come una sorta di inerzia evolutiva o "influenza ancestrale", riscontrabile per esempio in strutture rudimentali rimaste come vestigia del passato (nella specie umana, le ossa "caudali" in fondo alla colonna vertebrale e molti altri) (p. 521). Anche la migrazione, per esempio su un'isola, può generare strutture non adattative, perché tratti un tempo utili smettono di esserlo e non vengono rapidamente dismessi: i semi uncinati di alcune piante insulari (senza più la pelliccia di alcun quadrupede per trasportarli) o "le ali rudimentali sotto le elitre saldate di molti coleotteri insulari" (p. 466). In terzo luogo – ed è forse la causa alternativa più importante del cambiamento per Darwin dopo la selezione naturale – gli organismi sono pieni di strutture inutili frutto della correlazione con caratteri adattativi, i quali hanno trascinato con sé effetti collaterali neutrali rispetto alla selezione o talvolta persino deleteri.

La selezione dunque non è l'unica causa di evoluzione, il che significa peraltro che non è onnipotente: tollera non soltanto altri meccanismi causali, ma anche la presenza di frequenti caratteri non adattativi, di inerzie, di ridondanze. Già nel capitolo secondo Darwin definiva le "variazioni disordinate" nei generi polimorfici, in particolare nei brachiopodi, come "né utili né dannose alle specie" (p. 116) e dunque bellamente ignorate dalla selezione naturale. Le correlazioni strutturali mostrano anche un altro fatto rilevante, che abbiamo già sottolineato: per Darwin gli esseri viventi non sono collezioni di tratti distinti, divisibili in unità separate come lo sono le molecole in atomi. L'azione graduale della selezione naturale su una parte dell'organismo si ripercuote sulle altre, producendo effetti sistemici che alterano l'organizzazione complessiva dell'organismo.

A volte in OdS troviamo passi in cui a questi processi non selettivi viene assegnata una tale importanza da mettere in dubbio persino l'idea che la selezione sia la principale causa del cambiamento. In realtà, la priorità esplicativa della selezione si basa sull'impianto teorico prevalentemente

funzionalista di Darwin: i meccanismi selettivi sono quelli che spiegano con maggiore frequenza l'evoluzione di un tratto nelle popolazioni biologiche (dunque è il pattern con maggiore frequenza riscontrata, osservazione valida ancora oggi); la selezione è anche più potente e pervasiva, rispetto alle altre cause, nel fissare i tratti adattativi principali degli organismi (negli organi di senso, di movimento e di comunicazione, nelle strategie predatorie e antipredatorie, e così via); infine, i meccanismi non selettivi come l'influenza ancestrale spiegano più che altro il mantenimento di certi caratteri e non il loro effettivo cambiamento (che è il precipuo *explanandum* evoluzionistico).

2. *La classificazione genealogica e il "principio di Darwin"*

Esiste però un'altra ragione che rende i caratteri non adattativi così importanti in Darwin: essi garantiscono al sistematico le evidenze necessarie per desumere la discendenza comune tra specie diverse nell'albero della vita. I tratti adattativi, spiega Darwin ribadendo la differenza tra analogie e omologie, producono somiglianze anche tra animali non strettamente imparentati, a causa del fatto che devono sopravvivere in condizioni di esistenza similari, e dunque falsano le classificazioni. Le analogie adattative ("caratteri analogici o adattativi", *adaptive or analogical characters*) sono somiglianze esteriori che ingannano:

> *Si potrebbe pensare (e si pensava un tempo) che quelle parti della struttura che determinarono le abitudini di vita e il posto generale di ogni essere nell'economia della natura debbano avere grande importanza nella classificazione. Niente di più falso. Nessuno considera di qualche importanza la somiglianza esterna di un topo con un toporagno; di un dugongo con una balena, di una balena con un pesce.* (p. 483)

Il concetto appena enunciato, che Elliott Sober ha definito "Darwin's Principle" (2011, p. 25), gode della massima universalità, è una regola generale:

> *Si può anche considerare come una regola generale il fatto secondo cui quanto meno una parte dell'organizzazione riguarda particolari abitudini, tanto più è importante dal punto di vista della classificazione.* (ibid.)*

Si è già detto che sono proprio le omologie di caratteri non adattativi – come le vestigia, gli organi rudimentali e atrofizzati, i tratti correlati, le so-

miglianze embriologiche, certe vicinanze biogeografiche – a fornire le prove della discendenza comune, come mostrerà anche Ernst Haeckel in quegli anni nella sua "Morfologia generale" (p. 501). Sembra un paradosso, ma è esattamente ciò che sfugge alla selezione naturale a indicare le vere affinità in natura (p. 484). Per la classificazione sono importanti "i caratteri insignificanti", o ancor meglio un insieme correlato di caratteri insignificanti (p. 485). La ragione della loro importanza sta nel fatto che è molto più probabile che essi siano stati ereditati da un comune progenitore e che dunque svelino reali parentele.

Qui notiamo ancora una volta un aspetto cruciale della teoria darwiniana: selezione naturale e discendenza comune sono logicamente indipendenti. Addirittura, empiricamente antagoniste in questo caso: succede infatti che proprio il carattere non selettivo di un tratto morfologico lo renda un'evidenza forte per provare la discendenza comune. È la persistenza di tratti non adattativi nelle linee di discendenza a svelare una storia comune. Dove al contrario la selezione naturale è più potente troviamo somiglianze adattative (per esempio tra il sonar dei pipistrelli e il sonar dei guaciari sudamericani) che sono spesso indipendenti dal grado di parentela fra due specie (in questo caso un mammifero e un uccello).

È a questo punto che Darwin reinterpreta radicalmente, nel capitolo quattordicesimo, il significato della classificazione linneana. La struttura gerarchica delle affinità tra gli esseri viventi (il "grande fatto della subordinazione naturale degli esseri viventi in gruppi e sottogruppi" – p. 482) non è puramente arbitraria, "come il raggruppamento delle stelle in costellazioni" (p. 481) o come i vari sistemi quinari, quaternari e altri proposti (p. 494). Non è neppure una catalogazione di essenze senza tempo, definite una volta per tutte:

> *L'esistenza di gruppi avrebbe avuto un significato molto semplice, se ci fosse stato un gruppo atto esclusivamente a vivere sulla terra, e un altro nell'acqua; uno a cibarsi di carne, un altro di sostanza vegetale, e così via; ma la realtà è del tutto diversa: infatti è noto come comunemente membri anche dello stesso gruppo hanno abitudini differenti.* (p. 481)

Anche una terza interpretazione è però esclusa da Darwin: e cioè che la classificazione sia una descrizione formale delle affinità tra gruppi di specie, ottenuta individuando i caratteri comuni (come si fa con i minerali o con le sostanze elementari – p. 481). Il "sistema naturale" non è soltanto uno schema di raggruppamento di somiglianze, utilizzato per dirci che cosa hanno in comune i mammiferi, e poi solo i carnivori, e poi solo il cane:

> *Ma molti naturalisti pensano che il termine Sistema Naturale significhi qualcosa di più; essi credono che riveli il piano del Creatore, ma, a meno che non si specifichi che per "piano del Creatore" si intende l'ordine nel tempo o nello spazio, o entrambi, o qualche altra cosa, sembra a me che nulla esso aggiunga alle nostre cognizioni.* (p. 483)

Quando Linneo scrive che non sono i caratteri a fare il genere, ma è il genere a fare i caratteri, sta rivelando qualcosa di fondamentale, "un legame più profondo della semplice somiglianza" (p. 483). Questo legame profondo che tiene insieme le classificazioni inclusive è la "comunanza di discendenza"[1]. Ora Darwin ha gioco facile nel ricordare che le varietà sono specie incipienti, che le specie vanno a occupare "il maggior numero possibile di luoghi differenti nell'economia della natura" (p. 481), che il principio di divergenza tende a separare i loro caratteri. Basta dunque rileggere il diagramma ramificato alla fine del capitolo quarto (richiamato a p. 482)[2] per rendersi conto che è proprio "la successione genealogica" a spiegare la classificazione inclusiva in generi, sottofamiglie, famiglie, ordini, classi, cioè gruppi tassonomici subordinati a (oggi diremmo: inclusi in) altri gruppi sempre più ampi. Nel sistema naturale non vi è alcun "ignoto piano di creazione" né un semplice "schema per enunciare proposizioni generali" di somiglianza: "il sistema naturale non essendo altro che un ordinamento genealogico" (p. 487).

Ecco perché i caratteri più diagnostici per operare buone classificazioni sono quelli non adattativi: derivano da un antenato comune e rivelano reali affinità genealogiche. Sono le spie del "legame nascosto che i naturalisti sono andati inconsciamente cercando" (p. 488).

> *Non ci interessa affatto che un carattere sia trascurabile, ... ma se prevale in molte e diverse specie, e specialmente in quelle che hanno abitudini molto diverse di vita, esso assume grande valore; infatti non possiamo spiegare la sua presenza in tante forme con abitudini tanto diverse, se non con l'eredità da un comune progenitore.* (p. 491)

Se poi numerosi caratteri trascurabili sono associati in un gruppo di specie con abitudini differenti, allora possiamo essere certi che derivino da un

---

1. Darwin sostiene a più riprese che i naturalisti precedenti già usavano, inconsciamente, un criterio genealogico, che tuttavia non era esplicitato come collante del "sistema naturale" (p. 524).
2. Si noti che l'unico diagramma di OdS viene richiamato nei capitoli successivi in due occasioni cruciali: nel capitolo undicesimo, per tratteggiare il grande scenario della discendenza comune a livello paleontologico; nel capitolo quattordicesimo, per rileggere l'opera di Linneo in chiave evoluzionistica.

antenato comune. I tratti di scarsa importanza tradiscono un legame e hanno il massimo valore classificatorio, in particolare quelli embriologici (nelle conclusioni Darwin ribadisce il suo principio, a p. 543):

> *Possiamo dire che la natura si è sforzata di rivelare per mezzo di organi rudimentali, di strutture embrionali e omologhe, il suo schema di modificazione, ma noi siamo troppo ciechi per comprenderne il significato.* (p. 544)

Detto in altri termini: il fatto che vi sia un tratto adattativo in comune tra due specie spesso dice poco sulla loro parentela; viceversa, se il tratto non è adattativo abbiamo molte più probabilità di trarre spesso informazioni utili sulla loro discendenza comune. La clausola di frequenza, "spesso", non va mai tralasciata. Darwin stesso avverte che anche le classificazioni risentono dell'irregolarità dei percorsi evolutivi, oltre che di difficoltà specifiche come quelle di individuare le differenze tra i sessi (può capitare di catalogare come specie diverse quelli che in realtà sono individui dei due sessi all'interno della stessa specie) o tra gli stadi larvali e l'adulto di uno stesso animale. È spesso difficilissimo "sbrogliare l'inestricabile matassa delle affinità fra i membri di una classe" (p. 501)[3]. Soprattutto, due rami dell'albero della vita possono differire grandemente nonostante abbiano lo stesso grado di parentela rispetto a un comune progenitore, perché i gruppi divergono con ritmi e modi differenti. Si può dunque incorrere nell'errore di considerarli meno strettamente imparentati di quanto in realtà siano. Bisogna valutare caso per caso i gradi di differenza e inserire gli organismi nelle categorie tassonomiche, considerando il carattere convenzionale di queste ultime (per esempio tra varietà, specie e generi). Già dalla prima edizione del 1859 Darwin illustra questa metodologia con uno splendido esempio tratto dalla linguistica, che merita di essere citato per esteso:

> *Vale la pena di illustrare questa visione della classificazione con l'esempio delle lingue. Se possedessimo una perfetta genealogia dell'umanità, una disposizione genealogica delle razze dell'uomo offrirebbe la migliore classificazione delle varie lingue che oggi si parlano nel mondo; e se tutte le lingue estinte, e tutti i dialetti intermedi e lentamente mutevoli vi fossero inclusi, una tale sistemazione sarebbe l'unica possibile*[4]*. Tuttavia potrebbe darsi che alcune lingue antiche si fossero alterate assai poco e avessero dato origine a poche lin-*

3 È qui che Darwin, nella quinta edizione, affida a Haeckel e alla sua "filogenesi" il compito di fondare le classificazioni del futuro (p. 501).

4 La modernità di questa visione genealogica delle parentele linguistiche, legata alla formazione dello schema di discendenza delle popolazioni umane a partire da un ceppo comune, è stata sottolineata dal genetista Luigi Luca Cavalli Sforza, che

gue nuove, mentre altre si fossero alterate considerevolmente a causa della diffusione, dell'isolamento, e delle condizioni di civiltà delle diverse razze tutte discendenti dallo stesso ceppo, e avessero in tal modo dato origine a molti nuovi dialetti e lingue. I vari gradi di differenza fra le lingue dello stesso ceppo sarebbero espressi da gruppi subordinati ad altri gruppi; ma la sistemazione appropriata, anzi la sola possibile, sarebbe ancora sempre quella genealogica, che sarebbe altresì rigorosamente naturale, in quanto collegherebbe fra loro tutte le lingue, estinte e recenti, mediante le più strette affinità, e ci darebbe la filiazione e l'origine di ogni lingua. (p. 489)*

Pur con le irregolarità provocate dai differenti modi e tempi di divergenza, la classificazione più "naturale" è dunque quella genealogica. Dato che la spiegazione evoluzionistica è di tipo probabilistico, il "principio di Darwin" presenta oggi però alcune eccezioni significative (Sober, 2011). Vi sono caratteri neutrali o disadattativi, fissatisi casualmente nelle popolazioni biologiche per deriva genetica, che a lungo andare non danno più alcuna informazione sulla discendenza comune. Lo stesso vale per caratteri neutrali che sono effetti collaterali di tratti adattativi (come il colore del sangue rispetto alla sua composizione): né gli uni né gli altri forniscono evidenze di antenati comuni. Viceversa, alcune caratteristiche adattative sono strettamente legate alla discendenza comune: per esempio quando numerosi adattamenti, indipendenti l'uno dall'altro, sono presenti tutti insieme in due specie (improbabile che siano tutte convergenze adattative parallele; Darwin sfiora questo concetto a p. 493 quando nota che le somiglianze tra specie dello stesso gruppo, come gli arti a forma di pinna fra le balene, possono rivelare reali affinità); oppure quando due popolazioni si trovano sullo stesso picco adattativo fra molti possibili (più probabile che il loro antenato comune già fosse lì); o ancora quando la presenza di un adattamento dipende dalla sua frequenza iniziale nella popolazione. In tutti questi casi, la selezione naturale offre evidenze per la discendenza comune. Come vedremo tra poco, vale anche il reciproco: la discendenza comune fornisce spesso la cornice di riferimento entro la quale verificare ipotesi riguardanti l'azione della selezione naturale.

In generale l'eccezione vale quando più specie hanno condiviso all'inizio un loro "adattamento congelato", pur in presenza di molte altre strutture adattative possibili: la selezione naturale successivamente lo stabilizza, perché discostarsi da esso diventa costoso e disadattativo. La storia natura-

ha lungamente lavorato proprio sul parallelismo tra l'albero dei popoli e l'albero delle lingue (Cavalli Sforza, 1996).

le ha quindi fissato un vincolo che canalizza i percorsi successivi. In tal caso un tratto adattativo "inerziale" condiviso da più specie è prova di discendenza comune. Proprio questa è la ragione per cui tutti gli esseri viventi sulla Terra condividono un codice genetico quasi universale (quello che Francis Crick ha definito un "accidente congelato").

3. *Il problema degli stadi incipienti*

Questo approccio probabilistico e flessibile si applica, in Darwin, in misura diversa: ai ritmi del cambiamento, ai processi di speciazione, alle unità di evoluzione, e soprattutto all'intreccio di fattori funzionali e strutturali nel definire l'adattamento. È questa la matrice originaria di quel "pluralismo darwiniano" che ad avviso di Stephen J. Gould rappresenterebbe ancora oggi, opportunamente declinato nei linguaggi tecnici della scienza contemporanea, il modo più corretto di intendere la struttura della teoria dell'evoluzione (Gould, 2002).

Qui sta anche la ragione dell'utilizzo, in questa sede, non dell'edizione originaria del 1859 ma della sesta e ultima edizione di OdS del 1872. Questa trabocca sì, come le precedenti, di descrizioni di "finissimi adattamenti" e di co-adattamenti fra gli organismi, ma presenta altresì una novità teorica importante. Il mondo naturale è pieno di stupefacente complessità, poiché la selezione è in grado di agire sulle più minute "sfumature di differenze" nelle strutture e nei comportamenti: "l'impronta di un'arte" analoga, ma di gran lunga superiore, a quella degli allevatori. Tuttavia, il concetto pre-evoluzionistico, e di etimologia tendenzialmente teleologica, di "ad-attamento" (una forma mirabilmente "atta a" svolgere una funzione) nascondeva un'insidia teorica, che preoccupava Darwin a tal punto da indurlo ad aggiungere nel 1872 l'equivalente di quasi due interi capitoli solo per questa ragione.

Incalzato sia dai critici sia da chi cercava improbabili compatibilità con la teleologia, Darwin tra il 1859 e il 1872 è alle prese con un problema teorico fondamentale. L'adattamento funzionale è il fenomeno centrale dell'evoluzione, segno tangibile dell'azione modellante della selezione, ma non è quantificabile e va maneggiato con cura se non si vuol ricadere in interpretazioni finalistiche tipiche della teologia naturale di William Paley, che usava proprio l'adattamento come argomento principe a favore di un disegno intenzionale in natura. È il primo di una serie di problemi aperti che trapelando dalle righe di OdS illuminano dibattiti contemporanei.

Abbiamo appena visto, grazie al "principio di Darwin" circa i rapporti tra discendenza comune e selezione naturale, che una concezione iper-adattazionista della teoria darwiniana (come quella proposta, fra gli altri, da Daniel Dennett) non solo rappresenta un'interpretazione fuorviante di quanto scritto in OdS, ma è anche lontana dal suo nocciolo teorico portante. Ma il concetto di ad-attamento presentava anche altri problemi spinosi. Per anni Darwin si arrovellò nel tentativo di capire, in particolare, in che modo la selezione naturale potesse render conto degli stadi incipienti di organi utili e complessi (*incipient stages of useful structures* – p. 298), come un occhio o un'ala, secondo la famosa obiezione dello zoologo, suo ex sostenitore, il cattolico St George J. Mivart (l'unico al quale Darwin non concede l'onore delle armi nell'*Autobiografia*, accusandolo di malafede, ma al quale dedica più pagine che a ogni altro avversario, in particolare nel capitolo settimo, p. 274 e seguenti).

Ne venne fuori con un'ipotesi continuista e pluralista che oggi si è rivelata vincente. Darwin comprese la delicatezza della questione dell'adattamento (risalente, ricordiamo, alla sua prima lettura entusiastica di Paley negli anni di studi a Cambridge) e concentrò il suo impegno di osservatore sui particolari curiosi, sugli "espedienti" e su quelle strutture evolutesi in modo bizzarro da forme ancestrali differenti. La scoperta della straordinaria ingegnosità della natura nel riciclare i materiali organici disponibili diverrà un tratto distintivo del naturalista inglese, che nel suo studio analitico sulle orchidee del 1862 elencherà un'incredibile varietà di espedienti (*contrivances*) elaborati da questi vegetali per attirare su di sé gli insetti e garantire la fecondazione incrociata. Né mera casualità né un disegno, scriverà ad Asa Gray in quei mesi, ma pura contingenza storica: è "un attacco al fianco del nemico", cioè la teologia naturale di Paley, con il suo uso finalistico del concetto di adattamento.

Il concetto di "più adatto" era scivoloso e ambiguo anche perché sembrava designare sia il processo di graduale accomodamento alle circostanze ambientali per opera della selezione naturale sia il prodotto provvisorio di tale processo, cioè il singolo "tratto" adattativo. Mescolare processo e prodotto può ingenerare confusioni. Inoltre, un'accezione troppo stringente di adattamento progressivo rischiava di porre in contraddizione fra loro due principi altrettanto indispensabili per la teoria dell'evoluzione: da una parte, la continuità graduale del cambiamento, che si accumula di generazione in generazione; dall'altra, la presenza costante e necessaria di una ragione funzionale per ciascuna struttura di fase in fase, che sia "visibile" dalla selezione e offra un "vantaggio", per quanto infinitesimale.

Com'è possibile infatti che ingranaggi così sofisticati e delicati come quelli di un occhio possano essere stati costruiti, passo dopo passo, dalla selezione naturale? A che cosa poteva servire l'inizio di un occhio o il 5% di un'ala, visto che l'uno non permette di vedere né l'altro di volare? Il 5% di una mimetizzazione non serve certo a nascondere una preda al suo predatore. Era forse necessario rinunciare alla gradualità ipotizzando che questi adattamenti si fossero sviluppati tutti d'un colpo, a causa di una forza interna o seguendo certi piani strutturali prefissati (di tipo ortogenetico), come pensava Mivart? Oppure immaginare che la natura fin dall'inizio volesse costruirli proprio in quel modo in vista della loro utilità futura, reintroducendo così surrettiziamente le cause finali nell'evoluzione?

4. *Perfezionamento graduale: le prima soluzione darwiniana alla "maggiore difficoltà di tutta la mia teoria"*

Si trattava di due risposte egualmente inaccettabili per lo scopritore della selezione naturale. La prima negherebbe la continuità e la gradualità del cambiamento evolutivo (ipotesi "improbabile al massimo grado" – p. 301). La seconda il suo carattere non teleologico. Nel capitolo sesto di OdS, intitolato "Difficoltà della teoria"[5], Darwin nel 1872 isola un intero paragrafo sugli "organi di estrema perfezione e complicazione"(*organs of estreme perfection and complication*), nel quale ammette onestamente il problema, per poi tornarci lungamente nel capitolo settimo. Come farà notare nuovamente il paleontologo statunitense Edward D. Cope nel 1887, la selezione naturale sembra incapace di render conto dell'evoluzione degli stadi incipienti di strutture particolarmente elaborate, dove molte parti devono interagire fra loro in un'"organizzazione" e dove la mancanza di un componente rischia di far fallire qualsiasi vantaggio adattativo. Come può aver inizio quel magnifico mimetismo che porta alcuni insetti ad assomigliare perfettamente a un rametto, a una foglia o all'escremento di un uccello?

---

5 Per Darwin si tratta di obiezioni gravi, ma non in grado di inficiare la sua architettura teorica: "Alcune sono così serie che non posso ancor oggi riflettervi senza rimaner colpito dalla loro importanza; ma esse, per quanto mi è dato di giudicare, in massima parte sono soltanto apparenti e quelle fondate ritengo che non siano fatali alla mia teoria" (p. 227). Alle fine del capitolo settimo, in un passo aggiunto nella sesta edizione, conclude che tali obiezioni gli hanno permesso di definire meglio alcuni aspetti della sua teoria (in particolare, il cambiamento di funzione di strutture utili, attraverso gradazioni intermedie), ma che in definitiva esse non minacciano la solidità del suo impianto esplicativo (p. 298).

Che questa potesse essere "la maggiore difficoltà di tutta la mia teoria" – cioè spiegare come la selezione avesse trasformato le strutture organizzate "conservando le relazioni fra le loro parti" – il naturalista inglese lo aveva peraltro già scritto, abbiamo visto, nel Taccuino C del 1838. Quel passo in OdS diventa:

> *Supporre che l'occhio con tutti i suoi inimitabili congegni* (contrivances) *per l'aggiustamento del fuoco a differenti distanze, per il passaggio di diverse quantità di luce, e per la correzione dell'aberrazione sferica e cromatica, possa essersi formato per selezione naturale, sembra, lo ammetto francamente, del tutto assurdo.* (p. 239)

Nel Taccuino E, riflettendo sui "curiosi meccanismi di respirazione dei crostacei", si era lasciato attrarre da uno spunto contenuto nella "Storia naturale dei crostacei" di Henri Milne-Edwards del 1834, dove l'autore fa notare che in questi casi è meglio non ipotizzare che "un organo nuovo sia stato introdotto ad hoc", bensì che un'appendice di formazione più antica sia stata "in parte deviata dalla sua destinazione ordinaria e leggermente modificata nella sua conformazione per divenire capace di adempiere alle sue nuove funzioni". Milne-Edwards aveva peraltro teorizzato una specializzazione funzionale nella fisiologia degli organismi che Darwin usò come modello per il suo principio di divergenza.

Erano dunque trascorsi decenni di meditazioni su questo punto e finalmente nel 1872 Darwin avanza in OdS alcune ipotesi esplicative, per la precisione tre, che si riveleranno molto interessanti per quanto speculative fossero al suo tempo. La prima spiegazione possibile è la più prevedibile ed è preceduta da "la ragione mi dice che". Dopo aver ammonito che il detto "vox populi vox dei" non si applica alla scienza, che è spesso controintuitiva, sostiene che la selezione procede nella costruzione dell'organo attraverso una lunga serie di trasformazioni continue, di variazioni ereditarie e di stadi intermedi di evoluzione, ciascuno dei quali utile a chi lo possiede. Così si passa, attraverso "numerose gradazioni", da un occhio semplice e imperfetto a uno complesso e perfetto. In uno dei passi più tormentati da Darwin nelle edizioni successive, alla fine si arriva a questa formulazione nel 1872:

> *La ragione mi dice che se si può dimostrare l'esistenza di numerose gradazioni da un occhio semplice e imperfetto a uno complesso e perfetto, essendo ogni grado utile per chi lo possiede, come è certamente il caso; che se inoltre l'occhio varia sempre e le variazioni sono ereditarie, fatto altrettanto vero, e che se queste variazioni sono utili a un animale in condizioni mutevo-*

> ***li di vita, allora la difficoltà di ammettere che un occhio perfetto e complesso si formi per selezione naturale, sebbene insuperabile per la nostra immaginazione, non deve essere considerata come sovvertitrice della nostra teoria.*** (p. 239)

Si notino le molteplici e impegnative clausole che devono essere rispettate affinché il processo abbia successo: le gradazioni devono essere (1) numerose, (2) ciascuna utile al possessore, (3) in presenza di variabilità costante, (4) con variazioni ereditarie, (5) a loro volta utili ai possessori. Solo in presenza di questi cinque criteri la selezione naturale può funzionare e implementare gradualmente una struttura funzionale. Si tratta in tal caso di un "perfezionamento" (*perfecting*): da aggregati di cellule pigmentate a un nervo ottico circondato da cellule pigmentate, poi l'avvolgimento con una membrana trasparente, quindi una proto-lente, una cornea, e così via attraverso una moltitudine di esperimenti e di specie estinte.

Rispondendo a un'obiezione che oggi prende il nome di "complessità irriducibile" e che viene reiterata a un secolo e mezzo di distanza dagli imperterriti sostenitori della dottrina antidarwiniana dell'Intelligent Design[6], Darwin precisa che è errato sostenere che queste strutture articolate e così ingegneristicamente sofisticate necessitino di molti cambiamenti simultanei (p. 267): in presenza di modificazioni "estremamente lievi e graduali" il processo selettivo può erigere meravigliosi edifici di complessità in modo cumulativo, a partire dal basso, rimaneggiando ora in un punto ora nell'altro le componenti dell'organizzazione (p. 241), proprio come fanno gli allevatori. Il risultato, di volta in volta, non è mai quello "assolutamente perfetto": è quello possibile, e funzionale, date le circostanze.

Questa prima risposta è la più coerente rispetto al nucleo bipolare darwiniano composto da discendenza comune e selezione naturale. Darwin infatti usa la discendenza comune per rispondere a questioni riguardanti l'azione della selezione naturale (Sober, 2011, p. 36). Gli antenati in linea retta degli organismi che oggi possiedono occhi complessi sono estinti, non abbiamo la macchina del tempo e la paleontologia (sulla quale Darwin è sempre pessimista) ci offre dati frammentari e incompleti. Dobbiamo quindi ricorrere a un'altra fonte di evidenza, più sicura, cioè alla comparazione con specie viventi dello stesso gruppo e di altri gruppi, per osservare in che modo la struttura oculare si sia trasformata a partire dalle forme progenitrici:

6 Sia lecito rimandare al riguardo a: Pievani, 2006a.

> *Nella ricerca delle gradazioni attraverso le quali un organo di una specie qualsiasi è stato perfezionato, dovremmo considerare esclusivamente i suoi progenitori diretti (*lineal ancestors*); ma difficilmente ciò è sempre possibile, e siamo costretti a considerare altre specie e generi dello stesso gruppo, cioè discendenti collaterali (*collateral descendants*) della stessa forma progenitrice, per vedere quali sono le gradazioni possibili e quale la probabilità che alcune di esse si siano trasmesse in condizioni inalterate o lievemente alterate. Ma lo stato di uno stesso organo in classi distinte può incidentalmente fare luce sui gradi che hanno portato alla perfezione.* (p. 239)

È un altro passo rimaneggiato più volte da Darwin nelle sei edizioni. Grazie alla discendenza comune possiamo allargare ulteriormente lo sguardo, giacché le caratteristiche degli occhi dei non vertebrati di oggi hanno buone probabilità di fornire informazioni utili per inferire le caratteristiche dell'occhio posseduto dall'antenato comune dei vertebrati attuali. Darwin sta ragionando in termini di "cuginanza" nel grande albero della vita. I vertebrati sono un sotto-insieme di animali che hanno sviluppato occhi complessi con una camera interna, ma il principio di parsimonia suggerisce che siano ancora vivi organismi che discendono da porzioni dell'albero della vita in cui non è avvenuta questa modificazione. Se infatti un intero gruppo di specie possiede lo stesso tratto, l'ipotesi più semplice è che quel tratto fosse presente nel loro antenato comune. In definitiva, le proprietà dei discendenti collaterali permettono di fare inferenze sugli antenati diretti.

Come si passa dunque da un animale terrestre a uno acquatico? Attraverso stadi di transizione, che sono ancora oggi visibili in alcune specie (le poche sopravvissute ai loro successori). Darwin fa l'esempio del visone nordamericano che ha abitudini acquatiche d'estate e terricole d'inverno, con relativo mix di caratteri. Più difficile obiettivamente spiegare "come un quadrupede insettivoro si sia potuto trasformare in un pipistrello" (p. 233), ma il principio è lo stesso e queste difficoltà empiriche hanno "scarso peso". Laddove non si conoscano gradazioni intermedie, come negli organi elettrici dei pesci e negli organi luminosi degli insetti (pp. 246-247), ma strutture simili sono comparse in specie non strettamente affini, si può facilmente concludere che si tratta di analogie funzionali prodotte dalla selezione naturale. In ogni caso, "sarebbe estremamente arduo sostenere che non siano possibili transizioni vantaggiose attraverso le quali questi organi possono essersi gradualmente sviluppati" (p. 246). Un insetto stecco sarà stato preceduto da antenati con "somiglianze grossolane e accidentali" a un ramo morto, e pur tuttavia vantaggiose per sfuggire ai predatori (p. 280).

Nello stesso modo (ma anche con l'aiuto occasionale dell'abitudine, dell'uso e del disuso) si può capire per Darwin l'evoluzione dello scoiat-

tolo volante, del lemure volante e dei pesci volanti, dei becchi per filtrare l'acqua, dei fanoni delle balene della Groenlandia (p. 281), della coda prensile delle scimmie (ma non di *Cercopithecus* – p. 288), delle ghiandole mammarie nei mammiferi, o la stupefacente migrazione graduale degli occhi sullo stesso lato del corpo nella sogliola e in altri pesci piatti (p. 286). Gli animali per sopravvivere sperimentano, cambiano abitudini e strutture, o entrambe le cose, prime le une e poi le altre o viceversa. A volte si diversificano le abitudini, mentre le strutture permangono (uccelli con piedi palmati, divenuti nel frattempo terrestri, o viceversa). In uno dei suoi più celebri esperimenti ideali (presente solo nella prima edizione e poi tolto) Darwin immagina che un orso bruno – avvistato realmente mentre si ciba di insetti nuotando con la bocca spalancata "quasi come una balena" – in determinate condizioni (molto tempo, riserva di insetti costante, nessun competitore) possa gradatamente sviluppare per selezione naturale tratti sempre più acquatici fino ad assomigliare effettivamente a una balena (p. 236). L'adattamento è una strategia di sopravvivenza, momentaneamente di successo: come soluzione "non è necessariamente la migliore possibile in tutte le possibili condizioni" (p. 235), ma a lungo andare da un mammifero ancestrale possono venir fuori una balena, un orso e un pipistrello.

5. *Cooptazione funzionale: la seconda soluzione darwiniana alla "maggiore difficoltà di tutta la mia teoria"*

Darwin, tuttavia, non sembra del tutto soddisfatto. Deve salvare la continuità del processo, l'idea che gli organi si formino attraverso gradazioni transitorie. Nella prima risposta all'obiezione di Mivart, l'utilità attuale (distinguere luce e ombra, vedere, orientarsi nello spazio) e l'origine storica coincidono, ma forse non è necessario che ciò avvenga sempre. Quel che conta è che vi sia una continuità nel successo riproduttivo differenziale, cioè nell'azione della selezione naturale sulle popolazioni di organismi, e non tanto una continuità nella funzione assunta dal singolo organo. Nella quarta edizione stacca un paragrafo nuovo, "Modi di transizione", dove enuclea una seconda soluzione.

Un'ala allo stadio di abbozzo potrebbe benissimo aver svolto una funzione diversa da quella del volo ed essere stata quindi "pre-adattata" (come si dirà nel Novecento), e non direttamente adattata, al volo. Darwin illustra questa seconda ipotesi ausiliare con l'esempio della vescica natatoria nei pesci:

> *L'esempio della vescica natatoria nei pesci è particolarmente appropriato, perché dimostra chiaramente un fatto molto importante: che un organo originariamente costruito per uno scopo, cioè la funzione idrostatica, può essere convertito in* (converted into) *un organo capace di una funzione completamente diversa, cioè la respirazione. La vescica natatoria in certi pesci si è trasformata anche in un accessorio dell'organo dell'udito. Tutti i fisiologi ammettono che la vescica natatoria è omologa, o "idealmente simile", per la posizione e la struttura, ai polmoni dei vertebrati superiori: perciò non v'è ragione di dubitare che la vescica natatoria si sia realmente trasformata nei polmoni, cioè in organi usati esclusivamente per la respirazione.* (pp. 243-244)*

L'utilità attuale di un carattere viene quindi scissa dalla sua origine storica. Gli stadi incipienti di una struttura devono aver portato un qualche vantaggio riproduttivo ai loro possessori, che poi è stato "convertito" opportunisticamente in un beneficio differente al mutare delle condizioni locali di specie in specie. È dunque possibile che gli stadi primitivi e intermedi di strutture attuali non avessero la funzione che poi hanno assunto[7]. Per passare dalla mera possibilità teorica di questa conversione funzionale alla sua verifica effettiva nelle linee di discendenza bisogna ricorrere alla discendenza comune e ad altri dati[8]. La riprova anche in questo caso potrà venire per Darwin comparando specie attuali e inferendo le caratteristiche dell'"antico prototipo" di tutti i vertebrati. Come suggeriscono anche la vicinanza di esofago e trachea, e la comparsa di strutture simile alle branchie nelle prime fasi dell'embriogenesi dei vertebrati terrestri:

> *... si può concludere che tutti i vertebrati provvisti di veri polmoni discendono per generazione ordinaria da un antico prototipo sconosciuto, provvisto di un apparato idrostatico, o vescica natatoria.* (p. 244)

Questa seconda soluzione viene seguita da un corollario non meno interessante: se le funzioni cambiano, significa che nell'evoluzione non è scontato che vi sia una stabile corrispondenza "uno a uno" fra una struttura e una funzione. Meglio tollerare una certa ridondanza. In certi casi (segue

---

7 Con il nome di "ex-aptation" (cioè utile a partire da una struttura preesistente), questo concetto darwiniano di cooptazione funzionale verrà ripreso e ampliato dai paleontologi Stephen J. Gould ed Elisabeth Vrba in due saggi del 1982 e 1986. Si veda: Gould, Vrba, 2008.

8 Sui problemi di applicazione della distinzione fra caratteri adattativi e caratteri cooptati, sia lecito rimandare a: Pievani, Serrelli, 2011.

elenco degli esempi, dai pesci con doppia respirazione ai tre modi di arrampicarsi delle piante), una singola funzione potrà essere svolta da più organi, di modo che, all'occorrenza, uno di questi possa essere "cooptato" e specializzato per nuovi utilizzi senza che la fitness complessiva dell'organismo ne risenta:

> *Due organi distinti, o lo stesso organo in due forme molto diverse, possono compiere contemporaneamente la stessa funzione nello stesso individuo, e questo è un modo molto importante di transizione. ... In tali casi uno dei due organi potrebbe facilmente modificarsi e perfezionarsi in modo da compiere tutto il lavoro, essendo aiutato durante il processo di modificazione dall'altro organo; poi quest'altro organo potrebbe essere modificato per un altro scopo del tutto differente (*modified for some other and quite distinct purpose*), oppure scomparire completamente.* (p. 243)*

Viceversa (segue elenco di esempi, dalla libellula a un pesce, a certe piante), un singolo organo potrà espletare più funzioni, alcune soltanto marginali, ma pronte per essere "reclutate" all'occasione:

> *In tali casi la selezione naturale potrebbe specializzare per una sola funzione, se qualche vantaggio fosse in tal modo acquistato, un organo o una parte di un organo che in precedenza esplicava due funzioni, così da modificare considerevolmente la sua natura attraverso gradi insensibili.* (p. 243)

È chiaro infatti che la transizione di funzione, per evitare buchi temporali nel processo di selezione, deve prevedere sovrapposizioni di utilità diverse:

> *Nella famiglia delle anatre, le lamelle furono dapprima usate come denti, poi in parte come denti e in parte come apparato di filtrazione, e infine esclusivamente per quest'ultimo scopo.* (p. 299)

Dunque la natura in Darwin ha margini di "ridondanza", come mostrano i casi in cui "lo stesso scopo è raggiunto con i mezzi più diversi": una "regola generale in natura" veramente degna di attenzione, sottolinea (p. 250). Anche quando descrive gli stupefacenti coadattamenti tra le orchidee e i loro impollinatori (pp. 251-252), lo fa per mostrare gli straordinari "espedienti" (*contrivances*, un termine che gli è molto caro e che ripete spesso) di cui sono pieni i processi evolutivi. Regola generale della natura è "l'infinita diversità di struttura per raggiungere lo stesso scopo" (p. 263). La ridondanza si accompagna alle inerzie ereditate, come i piedi palmati dell'oca di montagna o della fregata:

Organi che oggi hanno una scarsa importanza sono probabilmente stati in alcuni di grande importanza in un antico progenitore, e, dopo essersi lentamente perfezionati in un periodo anteriore, si sono trasmessi quasi nello stesso stato alle specie esistenti, pur essendo attualmente di utilità molto limitata; ma qualsiasi deviazione, effettivamente dannosa nelle loro strutture, sarebbe stata naturalmente impedita dalla selezione naturale. (p. 254)

Ciò vale anche per tutti i caratteri omologhi ereditati, che non sono di particolare utilità per i loro portatori, come "le ossa similari del braccio della scimmia, della zampa anteriore del cavallo, dell'ala del pipistrello, e della pinna della foca" (p. 257). La ridondanza e le inerzie aprono possibilità per riutilizzi ingegnosi:

Una coda ben sviluppata, che si sia formata in un animale acquatico, può in seguito essersi modificata per ogni sorta di usi, come scacciamosche, come organo di presa, come ausilio per girarsi, come nel caso del cane, sebbene l'ausilio in quest'ultimo caso deve essere minimo poiché la lepre, che è quasi priva di coda, si può girare ancora più rapidamente. (ibid.)

È grazie a questo argomento delle artigianali *contrivances* che Darwin cerca di difendere una spiegazione continuativa e graduata della formazione di organi di estrema (apparente) perfezione. Anche il pungiglione dell'ape, abbiamo visto, è per Darwin il frutto di una cooptazione funzionale, con vantaggio finale per la comunità e non per il singolo (p. 261). Il pipistrello si sarà formato per selezione naturale "da un animale che dapprima era capace soltanto di volo planato" (p. 262). Dal volo planato al volo battuto, è la continuità che Darwin vuole salvaguardare, attraverso i concetti di ridondanza e di cooptazione funzionale[9]. Il capitolo settimo si conclude non a caso con una tirata difensiva proprio su quella che Darwin nel 1872 definisce "la teoria dell'evoluzione graduale" (*theory of gradual evolution*) (p. 302). La natura non fa "salti improvvisi da una struttura ad un'altra", come dovremmo aspettarci sia dalla teoria delle creazioni separate sia dalle im-

9 Sul principio di cooptazione funzionale Darwin discusse in quegli anni in particolare con il biologo marino tedesco Anton Dohrn, fondatore della Stazione Zoologica di Napoli, che Darwin tenne in grande considerazione e che finanziò personalmente. Fu Dohrn a suggerirgli che lo slittamento di funzione era un principio evoluzionistico cruciale. Darwin nel 1872 riprende il tema alla fine del capitolo settimo, definendo il fenomeno delle "gradations of structure often associated with changed functions" come "an important subject" che "non avevo trattato con ampiezza sufficiente nelle precedenti edizioni di quest'opera" (p. 298). Si veda la corrispondenza tra Darwin e Dohrn (ed. it. 1982).

provvise trasformazioni interne ipotizzate da Mivart[10], ma attraversa numerosi passaggi graduali:

> *È vero che organi nuovi che sembrano essere stati creati per qualche scopo speciale appaiono raramente o mai in qualsiasi essere; come in realtà è dimostrato da quel vecchio, e in qualche modo esagerato, canone della storia naturale "Natura non facit saltum". ... In base alla teoria della selezione naturale possiamo chiaramente comprendere perché la natura non faccia questo: infatti la selezione naturale agisce soltanto approfittando di lievi variazioni successive; essa non può mai fare un salto grande e improvviso, ma deve avanzare a passi brevi e sicuri, benché lenti.* (p. 253)*

La situazione ideale per Darwin è quella in cui si verificano due condizioni: a) tutte le gradazioni della cooptazione funzionale sono vantaggiose; b) tutti o quasi i possibili gradi intermedi fra la struttura di partenza e la struttura finale sono ancora presenti e visibili nelle diverse specie sopravvissute di una classe. È il caso dei contenitori di polline nei fiori delle orchidee, delle chele dei crostacei (dove "tutte le gradazioni si possono effettivamente rintracciare" – p. 292) o anche delle pedicellarie dei ricci di mare, delle stelle marine e di altri echinodermi, che sono "aculei modificati" con funzioni successive e sovrapposte di difesa, di movimento e di prensione (un elegante esempio aggiunto nella sesta edizione per rispondere a un'obiezione sempre di Mivart – pp. 290-291). Tuttavia, laddove non si abbiano dati così completi sulle gradazioni (come avviene per lo più), "non ne consegue affatto che tali stadi di modificazione non siano esistiti" (p. 292). Anche qui l'assenza di prove non è prova di un'assenza.

Dal legame teorico stretto fra *contrivances* e gradualismo (nelle parole di Darwin: "gradazioni di strutture spesso associate a cambiamenti di funzioni" – p. 298) si può comprendere come sia infondato associare la cooptazione funzionale o l'odierna *exaptation* a spiegazioni discontinuiste o addirittura antidarwiniane (come troviamo fra gli altri in Dennett, 1995). Si noti inoltre quella cautela, persino sul gradualismo, che Darwin introduce dalla seconda edizione di OdS, definendo il canone "Natura non facit saltum" come *somewhat exaggerated*. La citazione poco sopra riportata è una di quelle maggiormente rimaneggiate da Darwin, a più riprese, nelle sei

10 A proposito di quest'ultimo, Darwin conclude sarcasticamente che le speculazioni da affastellare per dire che "una forma antica si sia improvvisamente cambiata per una forza o tendenza interna" sono talmente numerose, improbabili e assurde che ammettere tutto questo, come fa Mivart, "equivale ad abbandonare il campo della Scienza per entrare in quello del miracolo (*the realms of miracle*)" (p. 304).

edizioni di OdS. Incalzato dai dubbi di Huxley su questo punto, evidentemente è tormentato dall'estensione di validità del gradualismo e alla fine opta per una clausola limitante, tipica del suo pluralismo teorico. Quel canone è corretto (anzi "rigorosamente vero", p. 264, poi ribadito a p. 337) e si comprende grazie alla selezione naturale (p. 264), ma come ogni altro schema darwiniano non va estremizzato[11].

6. *Non tutto è adattamento: la terza soluzione darwiniana alla "maggiore difficoltà di tutta la mia teoria"*

In questa modificazione per altre funzioni, anche del tutto differenti, torna sotto altra forma la dicotomia fondamentale fra "unità di tipo" interne e "condizioni di esistenza" esterne. La selezione naturale non agisce dal nulla, ma a partire dal materiale esistente. Anche se a prevalere è sempre il principio di utilità funzionale (p. 257), parti dell'organismo selezionate per una certa funzione ancestrale vengono "riadattate" o cooptate per funzioni nuove, eventualmente incrementando la loro complessità strutturale. Fin qui la continuità funzionale è salva, perché è plausibile che la funzione ancestrale continui a essere soddisfatta anche quando la nuova funzione sta subentrando, e poi prevalendo, in virtù di nuove pressioni selettive. L'ipotesi di Darwin è quindi che sia fondamentale considerare la "probabilità di conversione da una funzione in un'altra" (p. 244), un argomento della mas-

11 Si nota qui una contraddizione nell'opera darwiniana, perché da un lato ambisce apertamente a trovare le "leggi naturali" alla base dell'evoluzione (fin dalla prima citazione di Whewell in esergo), ma dall'altro pone condizioni limitanti a tutte le possibili candidate a divenire tali "leggi", inclusa la selezione naturale e il gradualismo. Le leggi che Darwin propone non sembrano avere mai validità universale (date certe condizioni) come le leggi della fisica. Si tratta piuttosto di regolarità "simili a leggi" (*lawlike*, come le ha definite Niles Eldredge) con un dominio di applicazione e di frequenza variabile, non incompatibile con la presenza di regolarità alternative. La spiegazione darwiniana si fonda quindi su un insieme flessibile di *pattern* (fra i quali la selezione naturale e il gradualismo spiccano come i più importanti, ma non gli unici), ciascuno con una propria frequenza empirica, che rendono conto di volta in volta della complessità dei fenomeni evolutivi. Questa duttilità teorica è un'eredità ancora attuale dell'opera darwiniana, perché dopo molti tentativi di irreggimentare la teoria dell'evoluzione entro un rigido quadro assiomatico, il pluralismo darwiniano è tornato a essere per alcuni un riferimento (Eldredge, 1995; Gould, 2002; Pievani, 2011b). Il problema aperto sta nel definire l'unitarietà della struttura complessiva del programma di ricerca evoluzionistico e la compatibilità dei differenti *pattern* emersi.

sima importanza che si accorge di non aver trattato con sufficiente ampiezza nelle edizioni precedenti di OdS (p. 298).

Rispondendo in definitiva a Mivart, né il 5% né il 100% di un'ala si è evoluto "per" volare (come spesso sentiamo invece dire nei racconti divulgativi sull'evoluzione), e meno che meno la struttura alare è comparsa all'improvviso pronta all'uso. È stata piuttosto convertita più volte attraverso ingegnosi e contingenti riusi, dalla termoregolazione al bilanciamento della corsa, al volo planato, e da questo al volo battuto. La funzione adattativa può però anche essere andata persa recentemente, come è successo per tutti gli uccelli inetti al volo e per le loro ali atrofizzate, dagli struzzi al cormorano nero delle Galápagos, ai pinguini. Il quadro delle risposte alle obiezioni sembra completo, ma Darwin ha in serbo una terza possibilità, che è emblematica del suo pluralismo esplicativo.

È a questo punto del capitolo sesto (e poi nel settimo) che subentra un terzo possibile scenario esplicativo, più sorprendente perché non prevede in questo caso il soddisfacimento continuo di una funzione adattativa. Di nuovo Darwin ricorre all'albero della vita e ai discendenti collaterali per inferire proprietà degli antenati comuni diretti. Capita infatti di pensare, scrive, che le suture del cranio siano un ottimo adattamento per il parto nei mammiferi (favorendo esse la flessibilità in uscita), e che si siano evolute come tali. Scopriamo però che le suture sono presenti anche in rettili e uccelli, i quali devono soltanto uscire da un uovo rotto. Dunque un tratto, che ci sembrava adattativo, è presente in molte specie che non ne fanno alcun uso. Come spiegarlo? Ci rendiamo conto – prosegue Darwin – che quella caratteristica deve essersi prima formata per ragioni legate alle "leggi della crescita" (*laws of growth*) e solo in seguito è stata "ingaggiata" nei mammiferi come adattamento secondario per il parto:

> *Le suture nel cranio dei giovani mammiferi sono state prospettate come un bell'adattamento per facilitare il parto, e senza dubbio esse l'agevolano, o possono essere indispensabili per quest'atto; ma poiché le suture si riscontrano anche nel cranio di giovani uccelli e rettili, che hanno soltanto da uscire da un uovo rotto, possiamo inferire che questa struttura è sorta dalle leggi della crescita ed è stata utilizzata per il parto negli animali superiori.* (p. 255)*

Le suture quindi vengono prima dei mammiferi e noi lo sappiamo perché le troviamo anche nei rettili e negli uccelli attuali, cioè anche negli altri discendenti di quell'antico antenato comune che evidentemente doveva già possedere le suture. Anche qui la discendenza comune permette di fare ipotesi legate al carattere adattativo o meno di una struttura. Darwin contempla pertanto la possibilità che anche la comparsa di un certo tratto pos-

sa frequentemente essere non adattativa, bensì dipendere da vincoli strutturali, da effetti collaterali, dalle correlazioni di crescita e da tutte quelle "variazioni che non sono né utili né nocive" (e proprio per questo attestano la discendenza comune tra le specie). Anche il mimetismo degli insetti sarà cominciato da una "accidentale somiglianza con qualche oggetto comune" (p. 298). La capacità di torsione delle piante rampicanti, alla quale si legano poi la capacità di avvolgimento e la sensibilità al contatto (con gradazioni e combinazioni diverse di pianta in pianta), potrebbe essersi evoluta "ingaggiando" a scopi di arrampicata il movimento di rotazione dei giovani steli, che di per sé è frutto di un vincolo fisico e non ha alcuna utilità:

> *Possiamo capire che se gli steli di queste piante fossero stati flessibili, e se fosse stato loro utile, nelle condizioni a cui sono esposti, di salire più in alto, l'abitudine di compiere movimenti rotatori piccoli e irregolari sarebbe aumentata e sarebbe diventata utile per opera della selezione naturale, fino a trasformare queste piante in specie perfettamente rampicanti.* (p. 296)

La conferma è data dal fatto che il prerequisito della rotazione (come anche la sensibilità delle foglie e dei piccioli) si ritrova allo stato nascente anche in piante che non sono poi divenute rampicanti. Il nutrito elenco delle sorgenti di strutture non adattative, in seguito convertite a usi funzionali, include in Darwin: variazioni spontanee, tendenza alla reversione, effetti delle "complesse leggi della crescita", correlazioni, compensazioni, variazioni omologhe, pressione esercitata da una parte su un'altra, selezione sessuale di caratteri utili a un sesso ma condivisi anche dall'altro sesso benché inutili (p. 255). Si tratta di un vero e proprio repertorio di strutture non fissatesi per selezione naturale, disponibile per la cooptazione:

> *Ma le strutture così indirettamente acquisite, benché a tutta prima non vantaggiose a una specie, possono in seguito essere utilizzate dai suoi discendenti modificati, in nuove condizioni di vita e con nuove abitudini acquisite.* (p. 255)

Ciò non significa che tali strutture siano state "create semplicemente per bellezza, per il diletto dell'uomo o del Creatore (quest'ultimo punto, però, è al di là del campo della discussione scientifica) o per puro amore di varietà" (p. 257), il che sarebbe "assolutamente fatale alla mia teoria", nota Darwin. Tuttavia, non deve nemmeno valere una determinazione funzionale stretta per ogni singolo carattere. Nello stesso capitolo sesto troviamo altri esempi di tratti che sono adattativi in alcune specie, ma si trovano anche disconnessi dalla loro presunta funzione in altre specie (la testa calva dell'avvoltoio e del tacchino maschio). Gli uncini di piante come la palma

potrebbero aver avuto uno slittamento funzionale dalla difesa dai quadrupedi (funzione primaria) all'arrampicata (funzione secondaria). La verifica dell'ipotesi di cooptazione funzionale sta per Darwin nelle parentele con altre specie e nella distribuzione geografica:

> *Una palma rampicante dell'arcipelago malese si arrampica sugli alberi più alti con l'aiuto di uncini mirabilmente costruiti e disposti all'estremità dei rami, e senza dubbio questo meccanismo è della più alta utilità per la pianta; ma poiché osserviamo uncini pressoché simili in molti alberi che non sono rampicanti e che, come vi è ragione di credere in base alla distribuzione delle specie spinose nell'Africa e nell'America meridionale, servono come difesa dai quadrupedi, così gli aculei nella palma possono originariamente essersi sviluppati per questo scopo, e successivamente essersi perfezionati ed essere stati utilizzati dalla pianta, allorché essa subì ulteriori modificazioni e divenne rampicante.* (p. 255)

Ma non sempre deve esserci una funzione attiva. Il bambù rampicante della Malesia possiede grappoli di uncini molto utili per attaccarsi ai rami degli alberi. Dovremmo concludere che li ha sviluppati per tale funzione. Tuttavia esistono uncini simili in altre piante che non sono rampicanti. La risposta di Darwin è la stessa delle suture del cranio, cioè leggi di sviluppo. Dunque gli uncini non si sono evoluti per facilitare l'arrampicata, ma c'erano già prima? Trattandosi di un gruppo di specie molto più strettamente imparentate rispetto a mammiferi, rettili e uccelli, è possibile che qui Darwin sottovaluti una seconda ipotesi più semplice, che proprio una valutazione filogenetica in termini di discendenza comune potrebbe suggerire. Se le piante con gli uncini residui ma non rampicanti fossero più recenti delle altre e con un solo antenato comune, vorrebbe dire che gli uncini si sono sì evoluti per l'arrampicata, ma poi alcune specie hanno perso secondariamente la funzione originaria pur trattenendo ancora il tratto (come le ali vestigiali dei pinguini di cui sopra). La funzione ha preceduto il tratto inizialmente, ma poi in alcune specie è andata persa.

Dunque la cooptazione funzionale di un tratto inizialmente non adattativo e la perdita secondaria sono due ipotesi alternative per spiegare l'esistenza di specie che conservano strutture prive di funzione. Il grado di probabilità di un'ipotesi rispetto all'altra è spesso dato dall'analisi filogenetica delle parentele tra le specie, da cui si inferisce un ordine cronologico di comparsa e scomparsa di tratti e funzioni connesse. L'analisi darwiniana, in ogni caso, non prevede in alcun modo che la funzione debba sempre precedere, necessariamente, il tratto. A volte le modificazioni sono il risultato diretto di meccanismi non funzionali (leggi della variazione o dello svilup-

po, vincoli fisici e strutturali) e poi vengono sovente ingaggiate "per il bene della specie in nuove condizioni di vita" (p. 263). È anche possibile che una struttura inizi a variare per prima, a causa per esempio di correlazioni con altre parti, e che le abitudini dell'animale cambino di conseguenza, e non viceversa come ci aspetteremmo secondo un rigido funzionalismo: un "graduale cambiamento di struttura" può condurre a "mutate abitudini istintive" (p. 331).

7. *Il pluralismo di Darwin e le sue predizioni rischiose*

Si tratta di una visione complessiva dell'evoluzione e delle sue strategie di cambiamento di notevole modernità anche rispetto alle conoscenze attuali, improntata com'è all'interazione tra forze interne ed esterne, all'intreccio di fattori molteplici, non soltanto selettivi. Darwin ora appare soddisfatto delle sue ipotesi aggiuntive, al punto da impegnarsi (anche troppo) in una predizione rischiosa iper-gradualistica:

> *Se si potesse dimostrare l'esistenza di un qualsiasi organo complesso che non possa essersi formato attraverso modificazioni numerose, successive, lievi, la mia teoria dovrebbe assolutamente cadere. Ma non riesco a trovare alcun caso simile.* (p. 242).

Attorno a questa predizione si sono concentrate per generazioni le maggiori speranze di creazionisti e antidarwiniani (due categorie non necessariamente coincidenti). Oggi sappiamo infatti che mutazioni non così "numerose, successive e lievi" sono un'importante realtà evoluzionistica, soprattutto se legate ai processi di sviluppo. Ecco dunque provata la confutazione finale della teoria darwiniana? Niente affatto, e questo è un punto cruciale attorno al quale si sono recentemente condensati molti fraintendimenti: come mostrano i dati sperimentali, la selezione naturale non perde la sua centralità e la teoria non deve "assolutamente cadere" a causa di quelle mutazioni "non lievi". Semmai va rivista, ed estesa, la base su cui agisce la selezione naturale. Dunque Darwin sbaglia due volte in questa predizione: a) sbaglia nel merito, perché all'evoluzione di strutture complesse possono aver contribuito anche mutazioni che non sono né numerose né lievi; b) sbaglia per eccesso di severità teorica verso se stesso, poiché la scoperta di queste variazioni di grosso calibro non confuta la sua teoria, ma impone di rivederla e di estenderla in senso pluralista. Alla radice dei due errori di valutazione sta la spropositata importanza che Darwin affida,

rispetto alla sopravvivenza della sua teoria, all'estrema gradualità di ogni cambiamento.

Quella della complessità di organi come gli occhi non è la sola predizione osservazionale o la sola retrodizione[12] in cui si cimentò Darwin: predisse che sarebbe stato scoperto un "proto-uccello" di transizione e in effetti nel 1863 fu annunciato il rinvenimento a Solnhofen in Germania dell'*Archaeopteryx*, un rettile con caratteristiche da uccello (Darwin ne parla, nella quarta edizione, come di uno "strano uccello" con coda da lucertola – p. 394); inferì l'esistenza di una falena mai osservata prima in Madagascar a partire dallo studio della morfologia di un'orchidea custodita ai Kew Gardens di Londra (e la falena fu effettivamente scoperta, proprio con le fattezze che aveva previsto, quarant'anni dopo la sua morte). Lo schema esplicativo del "co-adattamento" tra due specie, insetto e pianta, lo aveva portato in questo caso a predire l'esistenza di una forma di vita mai osservata prima. In altri frangenti le sue retrodizioni e predizioni rischiose, e dunque popperianamente falsificabili, servirono per rispondere alle obiezioni e per rimarcare quelle che considerava le parti costitutive, e indispensabili, della sua architettura teorica. Con alterni risultati, ma sempre con onestà intellettuale, portava fino in fondo le conseguenze delle sue argomentazioni, anche quando si rivelavano impegnative per sé e per gli altri.

OdS contiene molte altre predizioni rischiose. Abbiamo già visto la pletora di predizioni che derivano dall'analisi delle parentele tra specie attraverso i concetti antagonisti di omologia strutturale e analogia funzionale (pp. 247-249). Non meno documentate sono le cinque predizioni biogeografiche relative agli "abitanti delle isole oceaniche" (pp. 463-467). Gli stessi organi vestigiali sono per Darwin una previsione corroborante, perché la loro presenza avrebbe potuto essere "anticipata" dalla teoria (p. 523 e p. 525). A volte le predizioni sono scontate perché riferite alla dottrina rivale delle creazioni speciali: immaginare che gli esseri viventi siano stati

12 Si potrebbe erroneamente pensare che, mirando la teoria evoluzionistica alla ricostruzione della storia naturale passata, essa possa soltanto avanzare "retrodizioni", da verificare attraverso prove indiziarie di natura paleontologica o di anatomia comparata. In realtà, come cerchiamo di argomentare in questo paragrafo, già OdS è ricca di genuine predizioni osservazionali, cioè predice la scoperta di fatti non ancora noti e che riguardano il presente. Come tali, sono predizioni verificabili o falsificabili da altri naturalisti (come in effetti avverrà). Oggi, un secolo e mezzo dopo, la teoria evoluzionista vanta un'enorme quantità non soltanto di retrodizioni e di predizioni osservazionali, ma anche di predizioni sperimentali controllabili in laboratorio e di predizioni filogenetiche ottenute dall'incrocio di dati molecolari e paleontologici.

creati belli per diletto dell'uomo o del Creatore è chiaramente un'affermazione sovvertitrice della teoria (p. 258), alla quale Darwin contrappone la selezione sessuale come fattore di diversificazione degli ideali di "bellezza" in natura. Alla fine del capitolo sesto aveva affermato che la scoperta di "una qualsiasi parte della struttura di una specie formatasi per esclusivo beneficio di un'altra specie" (p. 259) sarebbe stata una confutazione diretta della sua teoria. La selezione di gruppo, per il bene della comunità, è una risposta all'obiezione circa lo sviluppo di caste sterili negli insetti sociali e ha il carattere di una predizione da verificare o falsificare.

A p. 126 Darwin riferisce che se si scoprisse che tutti i generi più grandi sono molto più variabili e dunque aumentano sempre, mentre quelli più piccoli non crescono, ciò "sarebbe fatale alla mia teoria", perché nell'evoluzione anche i generi più grandi arrivano al loro massimo sviluppo e poi decadono e scompaiono (un accenno forse alle estinzioni su larga scala, qui intese in modo gradualista, come una parabola interna di vita) mentre i gruppi più piccoli possono sempre avere una chance di successo. All'inizio del capitolo ottavo aggiunge lo sviluppo dei meravigliosi istinti degli animali come possibile difficoltà capace di demolire la sua teoria (p. 305) e dedica un intero capitolo al tentativo di disinnescarla, equiparando gli istinti ai tratti strutturali evolutisi per gradazioni selezionate[13]. Le caste sterili negli insetti, con le loro macroscopiche differenze di struttura, sono ritenute una difficoltà potenzialmente letale per la teoria (p. 331), la più grave di tutte (p. 336), eppure superata dalle ipotesi esplicative addotte[14]. A proposito dell'imperfezione della documentazione geologica, per difendere ancora una volta il suo gradualismo, Darwin avanzerà due altre predizioni particolarmente rischiose, come vedremo tra poco.

Darwin è consapevole del carattere controintuitivo della sua teoria. In certi frangenti, in OdS sembra quasi nutrire un sentimento di comprensione indulgente nei confronti di coloro che faticano a capire la sua spiegazione antifinalistica. Sa che la sfida al senso comune e ai nostri vincoli cognitivi profondi è ardua, quasi che ragione e immaginazione entrino in conflitto a ogni passaggio. Sempre a proposito dell'evoluzione dell'occhio, scrive:

---

13 "... questi casi debbono essere accettati o respinti unitamente all'intera teoria della selezione naturale", p. 316.

14 Darwin si mostra particolarmente compiaciuto per la soluzione dell'enigma delle caste sterili: "Si penserà invero che io abbia una presuntuosa fiducia nel principio della selezione naturale, quando non ammetto che tali straordinari e ben costanti fatti annichilino immediatamente la mia teoria" (p. 334)*.

Tuttavia per arrivare ad una giusta conclusione sulla formazione dell'occhio, con tutti i suoi caratteri meravigliosi sebbene non assolutamente perfetti, è indispensabile che la ragione vinca l'immaginazione; ma io ho sentito troppo acutamente queste difficoltà per essere sorpreso dell'altrui esitazione a estendere così largamente il principio della selezione naturale. (p. 241).

È infatti "quasi inevitabile" per noi paragonare l'occhio al telescopio, cioè a un artefatto intenzionale: siamo "portati naturalmente", nota Darwin, a stabilire questa analogia fuorviante. Abbiamo insomma menti teleologiche e la spiegazione darwiniana, così impregnata di dettagli contingenti e di leggi non deterministiche, è difficile da accettare[15]:

È quasi inevitabile confrontare l'occhio con il telescopio. Noi sappiamo che questo strumento è stato perfezionato dai ripetuti sforzi dei più elevati intelletti umani; e siamo portati naturalmente a concludere che l'occhio si sia formato con un processo analogo. Ma questa deduzione non sarà forse presuntuosa? (p. 241)

Ma non può certo gettare la spugna adesso: è dagli anni trenta che sta pensando al suo "delitto" di lesa maestà. Darwin sa che la forza del suo ragionamento risiede nella potenza chiarificatrice del meccanismo scoperto (la selezione naturale), nella sua estrapolazione al tempo profondo e nella convergenza di induzioni eterogenee che da campi diversi – biogeografia, paleontologia, embriologia, morfologia (Darwin le definisce "classi indipendenti di fatti") – concordano nel suggerire che lo schema più parsimonioso e attendibile per capire la fenomenologia naturale è la discendenza con modificazioni, l'albero della vita. Per capire l'evoluzione dell'occhio abbiamo bisogno di questi ingredienti: variazione, piccole modificazioni vantaggiose, riproduzione, ereditarietà, selezione naturale, milioni di anni di tempo, milioni di individui ogni anno, per milioni di tentativi (p. 242). È una spiegazione totalmente a-teleologica, contro-intuitiva, ma ben comprensibile seguendo il suo "lungo ragionamento". Nel capitolo finale ammette di nuovo le difficoltà ma sembra più fiducioso:

A prima vista niente può sembrare più difficile che il credere che i più complessi organi e istinti si siano perfezionati non con mezzi superiori, sebbene analoghi, alla ragione umana, ma per l'accumulazione di innumerevoli lievi

15 Su come questa tema sia divenuto oggi di stretta attualità nei campi dell'etologia cognitiva e della psicologia del pensiero, e su come possa essere alla base di molte incomprensioni circa la spiegazione evoluzionistica, sia lecito rimandare a: Girotto, Pievani, Vallortigara, 2008.

variazioni, ciascuna utile al loro possessore individuale. Ciononostante, questa difficoltà, per quanto insuperabilmente grande possa apparire alla nostra immaginazione, non può considerarsi reale, se ammettiamo le seguenti proposizioni ... (p. 526)

Attraverso esperimenti mentali ed esercizi controfattuali, oltre che una mole di fatti corroboranti condensati negli ultimi capitoli, ha poi gioco facile nel concludere che questa è la struttura esplicativa in grado di render conto di una tale vastità di fenomeni e di generare predizioni affidabili, al contrario di ciò che accadeva per la teoria delle creazioni speciali, che era compatibile con qualsiasi corso degli eventi e dunque infalsificabile. Come già nei Taccuini, per vincere la corrente contraria dell'immaginazione intuitiva (e non soltanto, quindi, un programma di ricerca rivale), Darwin mescola in modo peculiare: argomentazioni ipotetico-deduttive (con conseguenti predizioni osservazionali da verificare o falsificare); induzioni convergenti (il suo "mettere ordine tra fatti sparsi"); e inferenze verso la spiegazione migliore (cioè nel suo caso la scelta di un pattern esplicativo in mezzo ad altri, sulla base del principio del parsimonia e dell'analogia con schemi simili). Non è quindi preciso catalogare Darwin né tra gli ipotetico-deduttivisti né tra gli induttivisti, perché le sue ipotesi non sono del tipo "bianco o nero" ma conferiscono un certo grado di probabilità (anche elevato) a determinati risultati osservazionali.

Facciamo un esempio per comprendere questo nodo probabilistico della teoria darwiniana. Le vestigia di quadrupedismo presenti nella fisiologia delle balene, per esempio le ossa rudimentali del bacino, non devono necessariamente esserci in virtù del fatto che le balene sono strettamente imparentate con i mammiferi terrestri (quelle vestigia avrebbero potuto anche scomparire del tutto). Viceversa, se le balene per assurdo non avessero una discendenza comune con i mammiferi, non sarebbe necessaria l'assenza di quelle vestigia (avrebbero potuto ereditarle da altri animali, per esempio rettili). Piuttosto, la probabilità che quelle similarità vestigiali tra balene e altri mammiferi siano dovute a una discendenza comune è molto maggiore, alla luce di tutto ciò che sappiamo induttivamente circa la fisiologia delle balene, rispetto a qualsiasi altra ipotesi esplicativa. Dunque si tratta di una metodologia spuria, con un mix di componenti ipotetico-deduttive e induttive che rendono conto di una spiegazione probabilistica basata su una pluralità di pattern differenti.

Il pluralismo di Darwin quindi non è additivo, non è la giustapposizione di schemi esplicativi diversi, poiché le spiegazioni e le ipotesi che avanza sono interrelate. Le sue idee sono state poi accolte sì in modo spaiato, ma

la storia del pensiero evoluzionistico ha mostrato dati alla mano che avevano una loro stretta coerenza. Alcune asserzioni (costituenti il nucleo variazione – selezione – discendenza comune) sono essenziali per il mantenimento della struttura portante della teoria, mentre ad altre (come il gradualismo stretto) si può rinunciare senza con ciò negare i fondamenti della sua spiegazione. Il nucleo è dato da pattern esplicativi la cui frequenza e probabilità li rende corroborati oltre ogni ragionevole dubbio. Per queste ragioni è più corretto sostenere che Darwin ha fondato non soltanto una "teoria", ma un "programma di ricerca scientifico" composto da asserzioni osservative e da generalizzazioni teoriche, da pattern plurali dotati ciascuno di frequenze relative, disposto secondo un nucleo centrale indispensabile e una cintura protettiva più fluida (Pievani, 2011b). Una struttura siffatta può essere soggetta a revisioni ed estensioni anche profonde, che modulano la probabilità di un pattern rispetto a un altro, ma che sono pur sempre coerenti con il suo nocciolo esplicativo centrale.

8. *Due significative omissioni*

Darwin avverte che la sua spiegazione, per quanto goda di un'altissima probabilità di essere corretta, non è in grado di padroneggiare completamente la multiformità dei processi naturali che pure ha osservato: ci sono fenomeni anomali, rispetto alle sue previsioni, ed enigmi ancora da decifrare. Sapeva, per esempio, che i primordi della vita in quanto tale sfuggivano alla sua analisi e che sul tema si potevano soltanto avanzare congetture e rischiose "analogie", benché di gran moda negli anni settanta dell'Ottocento. Questo atteggiamento faceva parte della sua allergia ai problemi "ultimi" e alle domande relative alle "origini prime" dei fenomeni evolutivi (fossero essi le capacità mentali primordiali, o la sensibilità alla luce, o il senso della bellezza, o la variazione stessa):

> *Come un nervo sia diventato sensibile alla luce non ci riguarda più del modo come la vita stessa si sia originata.* (p. 239)

E all'inizio del capitolo nono:

> *Non ho la pretesa di voler ricercare l'origine delle facoltà mentali più di quanto non abbia quella di cercare l'origine della vita stessa.* (p. 305)

Attraverso una raffinata analogia con la forza di gravità, Darwin spiega perché origine della vita ed evoluzione della vita sono due *explananda* differenti:

Non è obiezione valida il fatto che la scienza non ha finora fatto luce sul problema di gran lunga superiore dell'essenza o dell'origine della vita. Chi può spiegare qual è l'essenza della forza di gravità? Nessuno oggi rifiuta di accettare i risultati conseguenti a questo ignoto elemento della forza, nonostante che Leibniz abbia in passato accusato Newton di introdurre "qualità occulte e miracoli nella filosofia". (p. 545)

L'evoluzione ha a che fare con la diversità, con il cambiamento e con i processi che lo sottendono, non con i presunti inizi assoluti di un tratto o di una specie. Vi è dunque una contraddizione implicita nel titolo abbreviato suggerito dall'editore John Murray, giacché non è propriamente di "origine" che il libro tratta, ma di trasformazione o trasmutazione. Ancora oggi molti sono convinti, erroneamente, di riscontrare un problema nella spiegazione evoluzionistica perché essa non sarebbe in grado di mostrare l'inizio assoluto di una qualsivoglia novità. In realtà quella di Darwin non è una fuga, ma un'opportuna distinzione di metodologie, ancora oggi valida. L'evoluzione presuppone già l'esistenza di unità (siano esse specie o popolazioni) in trasformazione, mentre l'origine della vita, *explanandum* biochimico, tratta del passaggio da ingredienti abiotici ai primi organismi viventi dotati di autonomia.

Circa l'"origine" in sé della vita e le congetture al riguardo, la generazione spontanea non aveva agli occhi di Darwin alcuna prova a sostegno, tuttavia non poteva contare su scenari alternativi plausibili. La vita doveva essere nata da qualche parte in un tiepido brodo primordiale, non appena le condizioni di raffreddamento della crosta terrestre lo avevano permesso, ma Darwin oscillò fra timide ipotesi poligeniste (quattro o cinque progenitori per gli animali, e pochi di meno per le piante, o molti di più ma poi in gran parte estinti – p. 549) e ipotesi monogeniste più radicali basate sull'analogia (che però può essere una "guida ingannevole"): un solo antenato comune universale, come "prototipo" per le forme viventi e possessore primigenio di ciò che tutte hanno in comune, cioè struttura cellulare, chimica di base e leggi di sviluppo (oggi aggiungeremmo il materiale genetico). Esistono peraltro forme elementari di vita che sembrano intermedie tra piante e animali (Darwin sta ricordando qui i primi studi a Edimburgo con Grant), lasciando supporre l'esistenza di una sola specie primordiale antenata di entrambi (ibid.).

Dato che i due modelli in versione aggiornata riguardanti le radici dell'albero della vita – forse non soltanto ramificate, si pensa oggi, ma anche reticolate – si contrappongono né più né meno come allora e che il problema di per sé non è evoluzionistico (giacché la spiegazione darwiniana presuppone già l'esistenza di unità di evoluzione) bensì biochimico, le prudenze del na-

turalista inglese in materia appaiono più che giustificate. Così, opportunamente, OdS finisce per non contenere alcuna teoria esplicita circa le "origini" primordiali della vita. Il problema di Darwin non è trovare il numero esatto degli antenati primigeni, bensì mostrare che tutti gli esseri viventi, presenti ed estinti, possono essere ricondotti a uno o pochi progenitori nel grande albero della vita. Il nodo focale è la metodologia di ricostruzione, all'indietro nel tempo, delle parentele (oggi diremmo "filogenetiche") tra le specie, non individuare un fantomatico antenato comune universale. L'autore sa che al riguardo non ha in ogni caso la pur minima evidenza osservativa e per questo omette quasi del tutto l'argomento: troppo speculativo. Inutile lanciarsi in ipotesi strampalate come fa Herbert Spencer (p. 190)[16]. In una lettera a Hooker del 1863 ribadisce che discutere di origine della vita e origine della materia è una totale perdita di tempo (*rubbish*).

Un'altra celebre omissione di OdS riguarda le origini della specie umana. Compare soltanto un fugace cenno nelle conclusioni: "si farà luce sull'origine dell'uomo e sulla sua storia" (*light will be thrown on the origin of man and his history*)[17], giusto una riga, subito dopo aver trattato brevemente della psicologia umana, "che sarà sicuramente basata sulle fondamenta già poste da Herbert Spencer, quelle della necessaria acquisizione di ciascuna facoltà e capacità mentale per gradi" (p. 552). In realtà, Darwin utilizza a più riprese esempi umani per illustrare temi biologici generali: lo fa per esempio nel primo capitolo (pp. 91 e 106) e poi di sfuggita in altri passaggi. Inoltre, compare quel termine "razze" nel sottotitolo, che tutti a quell'epoca avrebbero associato alla specie umana (Desmond, Moore, 2009).

Dunque non vi è alcun dubbio che in OdS dia per scontato che l'evoluzione umana non fa eccezione rispetto al suo impianto esplicativo naturalistico e rigorosamente non finalistico. Così era, del resto, già dai Taccuini giovanili[18]. Il riferimento fugace venne aggiunto, a detta di Darwin, per "evitare che mi si potesse accusare di aver voluto nascondere il mio pensiero" (*Autobiografia*, ed. it. cit. p. 112). Decide però di non mettere troppa carne al fuoco delle polemiche e di tenere l'argomento per una trattazione

16 "Nessuno deve meravigliarsi che molto resti tuttora inspiegato sull'origine delle specie, se si tiene in debito conto la nostra profonda ignoranza sulle reciproche relazioni degli abitanti del mondo al tempo presente, e ancor più durante le età passate" (p. 191).

17 Dettaglio significativo: nel 1872 aggiunge "molta luce sarà fatta..." (*much light*). Era già uscito da un anno *L'origine dell'uomo*.

18 "Non appena mi convinsi, nel 1837 o '38, che le specie erano mutabili, non potei fare a meno di credere che l'uomo dovesse essere regolato dalla stessa legge" (*Autobiografia*, ed. it. cit., p. 112).

successiva, forse anche a causa della scarsità di dati (così si schermisce in alcune lettere), o per insicurezza e prudenza scientifica: "Sarebbe stato inutile e dannoso al successo del libro far sfoggio delle mie opinioni sull'origine dell'uomo senza darne alcuna prova" (ibid.).

L'opera doveva insomma avere una focalizzazione precisa, non discutere di evoluzione biologica e al contempo trattare di storia del cosmo o di origini della vita o di futuro della specie umana, come era successo con il vituperato libro di Chalmers nel 1844. Ciò non esclude che egli abbia comunque paura delle reazioni dei suoi avversari, come Louis Agassiz ad Harvard, e dei suoi mentori, in particolare di Lyell, il quale gli aveva espresso perplessità circa la completa naturalizzazione dell'uomo ma che poi finirà in parte per anticiparlo pubblicando nel 1863 *The Antiquity of Man*, un libro sulla preistoria umana che però deluderà Darwin. Lo stesso anno uscirà *The Man's Place in Nature* di Thomas Henry Huxley, con la demolizione delle teorie di Owen.

Bisognerà invece attendere rispettivamente il 1871 e il 1872 per le due opere antropologiche darwiniane, cioè i due volumi de *L'origine dell'uomo e la selezione sessuale* (tema, quest'ultimo, non trattato per esteso in OdS) e *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali*: dodici anni in cui erano comparse nuove evidenze (i primi fossili umani, spesso fraintesi, come quelli provenienti dalla valle del Neander in Germania; l'arrivo negli zoo d'Europa dei primi gorilla) e in cui erano già uscite opere sull'evoluzione umana a firma di naturalisti non soltanto inglesi. Nel frattempo si era anche consumato nel 1869 lo scontro con Wallace sulla presunta eccezione della mente umana rispetto alla spiegazione per selezione naturale ed era maturato il tempo di esporre per esteso le sue idee integralmente naturalistiche anche riguardo all'evoluzione degli esseri umani e di tutte le loro "facoltà superiori" (dal linguaggio al senso morale e religioso): "quando vidi che molti naturalisti accettavano completamente la dottrina dell'evoluzione delle specie, mi sembrò opportuno sviluppare i miei appunti e pubblicare un trattato a sé sull'origine dell'uomo" (ibid., p. 113).

9. *L'antico fraintendimento degli "anelli mancanti"*

Tra omissioni diplomatiche e altre prudenze, Darwin rintuzzò forse con minore efficacia le critiche di chi gli faceva notare l'assenza, nella documentazione paleontologica, di quella estrema gradualità di cambiamento e di successione di "forme di transizione" che lui ipotizzava, ricorrendo all'ipotesi ad hoc, già inaugurata nei Taccuini, secondo cui la mancanza di gra-

dualità era da imputare all'imperfezione e alla frammentarietà dei dati geologici (tema su cui si dilunga in OdS nel capitolo decimo). Questa penuria di forme intermedie gli appare tuttavia come "forse la più evidente e la più seria obiezione che può essere mossa alla mia teoria" (p. 371)*. La geologia infatti "non rivela una tale catena organica perfettamente graduata" (ibid.):

> *Perché, se le specie derivano da altre specie attraverso impercettibili gradazioni, non vediamo ovunque innumerevoli forme di transizione? Perché nella natura non v'è confusione e esistono invece, come ci è dato di osservare, specie ben definite?* (p. 227)

I fossili dovrebbero pullulare di forme intermedie, in un numero immenso, e invece questi legami non si vedono se non raramente. Le forme intermedie in effetti si possono osservare quando specie affini abitano in territori limitrofi, essendo derivate da un comune antenato (il caso dei nandù da cui tutto era cominciato nei Taccuini). Tuttavia, le forme intermedie sono rare oggi perché, ovviamente, sono state sostituite e condannate all'estinzione dalle forme più recenti: "Così estinzione e selezione naturale procedono di pari passo" (p. 228). Ciò vale sia nel tempo sia nello spazio geografico[19]. Le specie tendono infatti ad avere, secondo Darwin, aree definite di insediamento: le forme adattate a regioni intermedie tra due specie distinte tendono a estinguersi, a causa della scarsità di individui e di spazio, nonché della concorrenza delle due specie più numerose vicine. Ecco perché le specie, nonostante derivino continuativamente da varietà in fase di divergenza, "non si confondono l'una con l'altra attraverso gradazioni insensibili" (p. 230) ma si presentano in modo definito e discreto a livello geografico (pur con aree di sovrapposizione, dove però restano a tutti gli effetti distinte). La distribuzione delle due specie di nandù argentini viene così ora spiegata senza più ricorrere a "salti", come nel Red Notebook, ma tenendo insieme continuità di cambiamento e separazione biogeografica.

Il fatto che le forme intermedie siano così transitorie geograficamente può anche spiegare perché è tanto difficile trovarle nei fossili: occuparono aree ristrette, furono in piccolo numero e per poco tempo. Oppure in una certa regione non si sono realizzate le condizioni affinché la selezione na-

19 Nelle conclusioni il principio viene generalizzato, come "teoria della distruzione di una infinità di legami di connessione fra gli abitanti viventi e quelli estinti del mondo, e, in ogni periodo successivo, fra le specie estinte e quelle ancora più antiche" (p. 530).

turale potesse agire[20]. Ma è un'ipotesi sufficiente questa per spiegare perché ne troviamo davvero così poche, insiste Darwin? No, bisogna anche supporre, come abbiamo visto, che la documentazione geologica sia estremamente imperfetta e lacunosa (sia cioè "molto più incompleta di quanto non creda la maggior parte dei geologi", p. 530). In altri termini, è discontinua, mentre il processo evolutivo è continuo. Torna così l'argomento difensivo inaugurato alla fine dei Taccuini:

> *I documenti geologici sono incomparabilmente meno completi di quanto generalmente si suppone. La crosta terrestre è un grande museo, ma le collezioni naturali sono state fatte in modo incompleto, e solo a lunghi intervalli di tempo.* (p. 228)

Non aveva molte alternative al suo tempo per non considerare l'adagio di Leibniz e di Linneo "Natura non facit saltum" – evocato nel capitolo sesto, nell'ottavo e poi in quello conclusivo – come una condizione necessaria affinché la selezione naturale conservasse il suo potere di setacciare e accumulare piccole variazioni. Non gli bastava più la continuità storica del cambiamento evolutivo (senza salti o creazioni speciali): si convinse di dover ipotizzare un gradualismo stretto non più soltanto nelle trasmutazioni tra stadi intermedi a livello di generazioni, ma anche alla scala massima del tempo geologico; in pratica, un uniforme, lento ritmo di trasformazione a tutti i livelli. Se questa gradualità non si riscontrava nella documentazione fossile la colpa poteva essere attribuita, oltre che all'imperfezione dei dati paleontologici, anche all'effettiva rarità degli organismi di transizione, che li rende elusivi. Questo "assunto negativo", in parte valido ancora oggi, sostiene quindi che, essendo altamente improbabile (ma non impossibile) trovarne, la loro assenza provvisoria non confuta in alcun modo la teoria generale.

Darwin trovò ipotesi ad hoc anche per la subitanea comparsa delle prime faune pluricellulari nel Cambriano, sostenendo che la loro "esplosione" era solo apparente. un artefatto della documentazione dovuto al fatto che

20 Darwin ricorre a questo argomento per rispondere all'obiezione sugli animali egiziani, di cui si discuteva molto in quegli anni. Perché gli animali mummificati tre o quattro millenni fa sono pressoché identici a quelli attuali, senza alcun segno di evoluzione? In primo luogo, perché il lasso di tempo è troppo corto (meglio verificare, propone Darwin, se gli animali sono cambiati dopo la fine dell'ultima glaciazione, al mutare delle condizioni climatiche). In secondo luogo, perché probabilmente in Egitto, in un ambiente uniforme, non si sono realizzate condizioni di vita tali da rendere necessarioun cambiamento per selezione naturale (p. 266). Il naturalista inglese aveva già affrontato la questione nei Taccuini della trasmutazione.

gli antichi continenti delle epoche antecedenti al Cambriano sono andati distrutti per via delle metamorfosi geologiche (p. 426). Anche in questo caso la predizione scientifica è precisa e, in caso di confutazione, "fatale":

> *Se molte specie, appartenenti agli stessi generi o alle stesse famiglie, fossero realmente apparse improvvisamente, questo fatto sarebbe fatale alla teoria dell'evoluzione per selezione naturale.* (p. 392)

Che fosse un'obiezione fatale alla teoria lo pensavano illustri paleontologi come Louis Agassiz, influente cattedratico ad Harvard e grande esperto di pesci fossili. Invece per Darwin l'imperfezione della documentazione, per le cause già elencate, spiega perché non vediamo una lunga fase di preparazione graduale prima di queste improvvise comparse di molte specie. Forse "le formazioni più antiche di quelle attualmente conosciute giacciono sepolte sotto i grandi oceani" (p. 532). Non possiamo quindi essere sicuri, come Agassiz, che i pesci teleostei siano comparsi d'improvviso nell'emisfero boreale all'inizio del Cretaceo, perché ne conosciamo già di più antichi e non abbiamo fossili dall'emisfero australe (p. 395). I mammiferi non sono comparsi d'un colpo all'inizio del Terziario, perché se ne stanno trovando di più antichi e se ne troveranno ancora (p. 393). Lo stesso vale per le scimmie, che risalgono già al Miocene (ibid.). La nostra "limitata conoscenza degli abitanti primitivi della Terra" (p. 394) ci porta a pensare che gli uccelli siano comparsi solo nell'Eocene, e invece scopriamo in Nord America impronte fossili molto più antiche di animali giganteschi simili a uccelli (p. 393: fanno qui capolino i primi rinvenimenti di quelli che Richard Owen ha battezzato nel 1842 "dinosauri"). Se invece un paleontologo crede nella compiutezza dei suoi dati, allora non potrà accettare la teoria dell'evoluzione per selezione naturale:

> *Coloro che credono che i documenti geologici siano in un certo modo perfetti, respingeranno senza esitazione la mia teoria.* (p. 399)

Darwin sa di avere l'opposizione di molti paleontologi e geologi: nella prima edizione cita fra gli altri Cuvier, Agassiz, Falconer, Forbes, Sedgwick, Murchison (p. 399). Tuttavia illustri studiosi, come Lyell, che prima sostenevano l'immutabilità delle specie, ora mettono sul tavolo il peso della loro autorità per difendere la tesi contraria, e "la maggioranza dei geologi e dei paleontologi sono molto meno certi delle loro precedenti convinzioni" (ibid.). Nuove scoperte si accumulano e di edizione in edizione (dalla quarta in poi) Darwin rafforza la sua fiducia nell'appoggio di Lyell e di molti altri, calcando sulle frasi precedenti. Alla luce di questa "rivoluzione nelle

nostre idee paleontologiche" (p. 395), la frecciata contro Agassiz prende la forma di un paradosso:

> *... dogmatizzare sulla successione delle forme organiche sulla Terra è altrettanto azzardato quanto sarebbe per un naturalista, sbarcato per pochi minuti soltanto in un punto deserto dell'Australia, mettersi poi a discettare sul numero e sulla distribuzione delle produzioni naturali australiane.* (p. 395)

Quanto alla presunta "comparsa subitanea" di esseri viventi pluricellulari negli strati inferiori del Cambriano, l'ipotesi è la stessa:

> *Se la teoria è vera, è indiscutibile che prima del deposito degli strati inferiori del Cambriano siano passati lunghi periodi, della durata corrispondente o anche molto superiore all'intervallo fra il Cambriano e l'epoca presente; e che durante questi lunghi periodi il mondo formicolasse di esseri viventi.* (p. 396)

Forse (ammettendo però che non è una risposta soddisfacente) non si trovano resti precambriani perché non si sono fossilizzati, a causa di assenza di parti molli o a causa di grandi cambiamenti geografici (pp. 398-399). Fatto sta che "il problema è attualmente insolubile e può essere un valido argomento contro le opinioni qui esposte" (p. 398). Le conoscenze attuali ci dicono che l'ipotesi nello specifico non era corretta, anche se è plausibile che l'esplosione cambriana sia stata preceduta da esperimenti più antichi di diversificazione. Inoltre, è un'intuizione formidabile quella secondo cui prima del Cambriano vi sarebbero stati lunghi periodi di precedente evoluzione (per la precisione, oggi sappiamo che dal primo organismo fossile conosciuto ai primi pluricellulari cambriani passano tre miliardi di anni). Anche qui volle però rischiare fino in fondo e giunse a predire che, nel caso in cui si fosse eventualmente scoperto che l'imperfezione della documentazione fossile pre-cambriana non esisteva, l'intera sua teoria sarebbe stata confutata:

> *Chiunque si rifiuti di ammettere l'imperfezione dei documenti geologici dovrà respingere tutta la mia teoria. Perché costui si domanderà invano dove sono le infinite forme di transizione che in passato devono aver collegato le specie strettamente affini o rappresentative che si sono trovate nei livelli successivi della stessa grande formazione.* (p. 426).

In realtà, anche in questo caso (come per le innumerevoli e lievi variazioni necessarie per arrivare a un organo complesso) si sbagliava due volte: in primo luogo perché i dati paleontologici, nonostante i capricci della fossilizzazione, non erano affatto come le poche pagine strappate da un li-

bro, ma stavano raccontando la verità (oggi sappiamo che le transizioni rapide di faune, le speciazioni "punteggiate" e le estinzioni di massa catastrofiche non sono affatto illusioni, ma si stagliano nella storia della natura come imponenti fenomeni reali); in secondo luogo, si sbaglia perché la continuità di azione della selezione naturale, da una parte, e l'esistenza di alcune tipologie di speciazione rapida e di estinzioni trasversali, dall'altra, non sono in contraddizione e non richiedono di "respingere tutta la sua teoria", bensì di rivederla e di integrarla con nuovi fattori.

Il fatto è che Darwin non poteva conoscere i meccanismi genetici della speciazione, nonostante avesse scelto come titolo proprio "l'origine delle specie". Questa ignoranza circa le modalità di nascita effettiva di una nuova forma vivente a livello genotipico lo portò a considerare come inconciliabili la comparsa rapida di una specie, intesa come entità discreta, e la lenta azione continuativa della selezione naturale. In realtà i due processi possono convivere e anzi spesso si integrano. La concezione nominalistica di specie lo porta invece a sottovalutare quella connessione tra isolamento geografico e isolamento riproduttivo che pure aveva intravisto nei Taccuini (suggerita poi anche dal naturalista Moritz Wagner, citato nel capitolo quarto) e che oggi sappiamo essere alla base della nozione biologica di specie (cioè la specie intesa come un insieme di popolazioni riproduttivamente chiuso, un ramoscello separato dagli altri da una barriera riproduttiva, pur con molte eccezioni).

Se l'evoluzione non è una scala di progresso lineare, con la specie più "avanzata" che sostituisce le più "arcaiche", bensì un albero fittamente ramificato, con specie cugine che convivono in ogni epoca, allora è proprio la metafora dell'"anello mancante" a essere fuorviante. Chi ne denuncia l'assenza come una confutazione della teoria mostra di non aver compreso, già ai tempi di Darwin e fino a oggi (con argomenti invariati), il succo della spiegazione evoluzionistica. Nella storia naturale non esistono tanto anelli mancanti, quanto ramoscelli mancanti, e le transizioni avvengono attraverso un mosaico di specie, ciascuna con propri adattamenti. Non esistono forme odierne "direttamente intermedie fra un cavallo e un tapiro", spiega Darwin, ma "forme intermedie fra ciascuna specie e un comune ma sconosciuto progenitore; e il progenitore generalmente avrà differito in qualche aspetto da tutti i suoi discendenti modificati" (p. 372). L'evoluzione è un albero. Ecco perché è difficile trovare una fatidica specie singola che rappresenti precisamente la "forma di transizione" o il sicuro antenato comune di un gruppo di specie discendenti. Ciò che possiamo fare è raffinare sempre di più la ricostruzione degli alberi di discendenza.

10. *Più tempo, più tempo per l'evoluzione*

Ma la predizione più rischiosa di tutte fu senz'altro quella relativa all'età della Terra, perché dovette sfidare la maggiore autorità delle scienze dure britanniche, il matematico e fisico scozzese William Thomson, poi noto come Lord Kelvin. I calcoli del tempo trascorso dalla formazione del pianeta e dalla sua solidificazione fino a oggi portavano infatti i fisici dell'epoca a cifre incompatibili con i lunghissimi eoni geologici previsti dall'uniformitarismo di Lyell, e di riflesso dal continuismo gradualista di Darwin. Si tratta, ammette il naturalista inglese nella quinta edizione, di una "formidabile obiezione" (p. 396). Valutando i ritmi di raffreddamento per irradiazione del calore nello spazio esterno, la Terra non poteva essere più vecchia di 400 milioni di anni (da 20 a 400 milioni) e probabilmente non aveva più di cento milioni di anni d'età (da 98 a 200 milioni). Tutto ciò era incompatibile, secondo Lord Kelvin, con un processo lento di discendenza con modificazioni per opera della selezione naturale. Nel 1866 sentenziò quindi – con tutto il suo peso di fisico, ma anche influenzatodall'antievoluzionismo del presbiterianesimo scozzese – che la teoria doveva essere rigettata, e con essa l'uniformitarismo gradualista di Lyell.

Storicamente i rapporti tra la teoria darwiniana e i fisici non furono mai molto cordiali. Che si potesse definire "scienza" un miscuglio anomalo di dati osservativi, di analogie e di inferenze, privo di certe dimostrazioni matematiche, non li convinceva affatto. Questo sguardo sospettoso perdura tuttora anacronisticamente in alcuni esponenti delle scienze fisico-matematiche, nonostante la mole impressionante di prove sperimentali che il programma evoluzionistico ha accumulato, ben superiore a quella di molte teorie fisiche che non hanno retto l'urto del tempo. Anche John Herschel, il padre del "mistero dei misteri" da cui siamo partiti in *questo libro*, si espresse alla fine contro ogni teoria della trasmutazione e bollò la selezione naturale come "teoria della confusione", ma del resto lui credeva in una suprema intelligenza divina nascosta nelle leggi della natura e nella presunta semplicità di un cosmo razionale[21]. Il naturalista inglese fu comprensibilmente indigesto anche per questa categoria di scienziati innamorati dell'ordine e allergici al caso.

---

21 Darwin contrappone invece la mera casualità della classificazione delle stelle nelle costellazioni alla sua sensata classificazione genealogica delle forme viventi (p. 481). Sembra con ciò voler rivendicare il fatto che la sua teoria, lungi dall'essere una sommatoria di curiosità naturalistiche, ambisce a una trattazione scientifica unificante della storia e della diversità nella vita.

Darwin accusò il colpo infertogli da Thomson (lo ammette anche nel capitolo conclusivo di OdS) e cercò di sottrarsi all'"odioso spettro" con ipotesi ad hoc un po' malferme, sostenendo che forse le specie per evolversi non avevano avuto bisogno di così tanto tempo come supposto. Nella sesta edizione sembra persino disposto a fare un'eccezione all'uniformitarismo:

> *È tuttavia probabile, come insiste nel dire Sir William Thompson, che in un periodo molto antico il mondo fosse esposto nelle sue condizioni fisiche a cambiamenti più rapidi e violenti (*more rapid and violent changes*) di quelli attuali; e tali cambiamenti avrebbero operato nel senso di produrre modificazioni corrispondentemente più rapide negli organismi allora esistenti.* (p. 396)*

Nel capitolo quarto, aggiunge nella terza edizione una nota difensiva dove asserisce che "la sola durata di tempo di per sé non fa nulla, né pro né contro la selezione naturale" (p. 169), perché non ci sono leggi innate di cambiamento ma solo un variare di circostanze: il tempo serve "soltanto" per dare possibilità alle variazioni vantaggiose di emergere. Tuttavia, è lo sfondamento del tempo profondo a livello geologico, per centinaia di milioni di anni, ciò di cui ha bisogno. A p. 229 azzarda persino un'ipotesi sulle antiche frammentazioni e ricomposizioni dei continenti, che possono aver affiancato oggi territori abitati da specie separate da lunghissimo tempo (un'altra ragione per la mancanza di forme intermedie). E poi le misure dei fisici hanno scarti troppo ampi, segno che i dati sono ancora incerti.

Fece anche qualche timido tentativo di proporre calcoli alternativi di tipo geologico, basandosi sui valori medi di sedimentazione o sull'erosione annuale di alcune scogliere[22], senza troppo successo: anche le sue misurazioni erano troppo generiche. Alla fine concluse che la durata reale del tempo, per quanto a suo avviso immensa, era una questione irrisolta e che occorrevano dati migliori. Del resto, la difficoltà di percezione del tempo profondo di Lyell è a suo avviso una delle principali cause del ritardo con cui naturalisti e geologi si sono accorti della mutabilità delle specie: "siamo sempre lenti ad ammettere grandi cambiamenti di cui non vediamo i gradi" (p. 546). Nell'ultimo capitolo, nella sesta edizione, la risposta a quella che resta "probabilmente una delle più gravi obiezioni fin qui sollevate" prende questa forma:

> *...posso soltanto dire, in primo luogo, che non conosciamo con quale ritmo, misurato in anni, le specie cambiano, e in secondo luogo che molti filosofi non*

22 In OdS ne parla alle pp. 373-377.

> *sono ancora disposti ad ammettere che noi conosciamo abbastanza della costituzione dell'universo e dell'intero nostro globo per giudicare con certezza della sua età*. (p. 532)

Tuttavia, con la sua solita precisione e con ardita onestà intellettuale, ammise che un potente sfondamento all'indietro dell'età della Terra (varie volte superiore ai cento milioni di anni scarsi calcolati da Thomson) era indispensabile per tenere in piedi la sua specifica teoria, che altrimenti sarebbe stata da abbandonare. Né 60 milioni né 140 milioni di anni (secondo due ipotesi correnti) erano sufficienti per giustificare le trasformazioni degli esseri viventi dal Cambriano a oggi (p. 396). La selezione opera lentamente e gradualmente, dentro uno scenario geologico antichissimo, perché le variazioni individuali sono piccole, si accumulano a ritmi bassi e i posti nell'economia della natura si liberano con difficoltà. L'evoluzione dunque ha bisogno di centinaia di milioni di anni, anche se "sfortunatamente non abbiamo alcun modo per determinare in anni la lunghezza del periodo necessario a modificare una specie" (p. 377). Capire poi che cosa significa "un milione di anni" è quasi tanto difficile quanto "afferrare l'idea di eternità" (p. 376 e poi p. 546).

Giustificazioni a parte, delle due l'una: o aveva ragione Kelvin o aveva ragione lui. Ne va della salvezza della sua intera teoria e lo scrive con durezza:

> *Chi legge la grande opera di Sir Charles Lyell sui* Principi di Geologia *(1830), che lo storico futuro riconoscerà aver prodotto una rivoluzione nelle scienze naturali, e tuttavia non ammette quanto ampio è stato il periodo di tempo trascorso può chiudere senz'altro questo volume*. (p. 373)

Si portò questo cruccio nella tomba, ma la predizione si rivelerà corretta, perché agli albori del nuovo secolo la scoperta della radioattività permetterà ai fisici di correggersi, come sempre nella scienza, e di capire che la presenza di una sorgente interna di calore doveva far retrodatare di molto l'arco di vita del pianeta. Così la Terra riconquistò non milioni, ma miliardi di anni di età e lo scenario maestoso del "tempo profondo" spalancò i suoi spazi di possibilità per l'evoluzione darwiniana. Quasi fosse una premonizione, nella chiusa di OdS la velata contrapposizione polemica tra l'appassionante evoluzione delle infinite e meravigliose forme di vita, da una parte, e la noiosa ripetizione delle orbite dei pianeti sempre uguali a se stesse, dall'altra, è apparsa a molti evidente. Oggi che con l'evoluzione dell'universo e della materia devono fare i conti persino i cosmologi e i fisici delle particelle, gli epigoni di Darwin possono assaporare una succosa rivincita.

11. *Il posto di Dio ne* L'origine delle specie

Nei passi finali riguardanti il numero dei progenitori iniziali, nella seconda edizione di OdS, dietro suggerimento del reverendo riformatore anglicano Charles Kingsley (convinto che l'intelligenza divina si esplicasse nelle leggi della scienza), Darwin inserisce alcuni riferimenti finali al "Creatore" come ispiratore del soffio iniziale della vita. Nella prima edizione aveva invece descritto la comparsa dell'ipotetica forma primigenia come un processo esclusivamente naturale. A testimonianza delle sue incertezze nel dare a OdS un'impronta deistica, nella terza edizione elimina di nuovo una delle due occorrenze "teologiche" che aveva introdotto nella seconda edizione, ma ne lascia altre due (*laws impressed on matter by the Creator* – p. 553; e il celebre inciso della chiusa di OdS messo nella seconda edizione, *originally breathed by the Creator into a few forms or into one* – p. 554). Interpellato sulla possibilità di conciliare l'evoluzione con un deismo dai contorni annacquati o con panteismi cosmici, la prospettiva non lo appassionava ma non se la sentiva di escluderlo. È chiaramente combattuto.

Nella seconda e terza edizione aggiunge, nelle conclusioni, alcuni passi concilianti. Anche la legge di gravità fu da taluni intesa come eretica, ma poi per fortuna il tempo passa:

> *Non vedo alcuna ragione per pensare che le opinioni esposte in questo volume debbano turbare la fede religiosa di chicchessia. È soddisfacente, come prova per dimostrare quanto transeunti sono queste impressioni, ricordare che la più grande scoperta che l'uomo abbia mai fatto, cioè la legge dellaforza di gravità, fu altresì attaccata da Leibniz "come sovversiva della religione naturale e conseguentemente della religione rivelata"*. (p. 545)

Cita persino un teologo compatibilista[23], ma senza specificare se ne condivide le posizioni:

> *Un celebre autore e teologo mi ha scritto di aver "gradualmente imparato a vedere che è una nobile concezione della Divinità il credere che Essa abbia creato poche forme originali, capaci di proprio sviluppo in altre e necessarie forme, così come il credere che Essa ricorse a un nuovo atto di creazione per colmare i vuoti causati dall'azione delle Sue leggi."* (p. 546)

23 Darwin stronca i tentativi di alcuni naturalisti di tenere insieme una spiegazione evoluzionistica (per alcune specie) e una creazionista (per altre) come esempi di "cecità di idee preconcette" (p. 547).

La concessione alla terminologia religiosa, che ritorna in altri passaggi di OdS, è ritenuta dagli storici una mossa di cautela diplomatica, per attutire le possibili reazioni (Browne, 2006). Darwin infatti nega al suo non meglio definito "creatore" qualsiasi ruolo attivo nel processo biologico e i richiami appaiono con tutta evidenza come formule retoriche di circostanza per non associare direttamente il libro alle campagne ateistiche di alcuni suoi contemporanei. Alla fine però rimpiangerà quella scelta accomodante, perché darà la stura alle più stravaganti interpretazioni deistiche e teistiche che gli vengono proposte, per lettera, da numerosi commentatori negli anni della vecchiaia (Desmond, Moore, 2009).

In questa corrispondenza degli ultimi anni ripete spesso che ciò in cui credeva o meno quando scriveva OdS "non aveva alcuna importanza per nessuno eccetto me stesso", dato che si trattava di un dominio di questioni irrisolte che spettano alla "coscienza interiore". Dal suo punto di vista, l'ipotesi di Dio non era necessaria nello studio dell'evoluzione, il che è cosa diversa dal dire che essa sia ontologicamente e necessariamente falsa per via scientifica o logica. Sta dicendo che la sua teoria è semplicemente indifferente alla questione. Darwin rispettò sempre un sostanziale naturalismo metodologico, senza pronunciarsi sul naturalismo metafisico o ontologico. Parimenti, la tesi secondo cui la scienza non può escludere definitivamente l'esistenza di Dio perché si tratta di un'entità sovrannaturale, né può ergersi a spiegazione ultima della realtà, gli pareva una trincea difensiva piuttosto precaria (e in continuo arretramento): ciò che riusciamo a spiegare senza ricorrere a Dio aumenta costantemente.

I due approcci intuitivamente più forti per inferire nonostante tutto un progettista intelligente gli sembravano quello della "causa prima" (per cui la scienza studia solo le "cause secondarie" – p. 553) e quello del rifiuto del puro caso, ma se poi essi siano "argomenti di reale valore" è tutta un'altra storia. A conti fatti, su queste materie restò sempre profondamente agnostico, esercitando un prudente scetticismo a riguardo di tutte le credenze non suffragate da prove e non argomentabili, comprese le sue. Non è però del tutto corrispondente al vero sostenere, come fece lo stesso Darwin in una lettera, che OdS non ha "relazione alcuna con la teologia". Il nome del Creatore compare a più riprese, dalla prima citazione di Whewell alla chiusa, e i riferimenti teologici non sembrano mera retorica. Il suo naturalismo metodologico non corrispondeva quindi a una totale astensione dal fare affermazioni sull'esistenza e sulle proprietà di entità sovrannaturali (Sober, 2011). E non poteva essere altrimenti: la teoria rivale in OdS era infatti quella delle creazioni speciali, che a quelle entità ricorreva come suo principio esplicativo, e

Darwin la sostituisce con un programma di ricerca integralmente naturalistico.

Nella *pars destruens*, dunque, Darwin fa esplicitamente ricorso ad affermazioni teologiche e filosofiche, come il problema del male e l'esistenza di una causa prima. La cornice è data dalle citazioni deistiche di apertura (con Whewell) e di chiusura: Dio non si immischia nelle vicende di dettaglio della storia naturale, cioè nelle cause secondarie che studiano gli scienziati. L'intera materia di OdS è dunque indipendente da considerazioni riguardanti l'esistenza e l'azione di un'eventuale entità divina. La ricerca scientifica può procedere autonomamente. Su un piano diverso, di tipo filosofico, ciò che possiamo al massimo fare è ipotizzare che il Creatore all'inizio si sia limitato a "imprimere nella materia" le leggi fondamentali della natura. Qui capiamo che il deismo darwiniano non è soltanto una concessione diplomatica: è un argomento teologico di base contro ogni teoria di intervento divino diretto in natura, a cominciare da quella delle creazioni speciali e dall'intera teologia naturale (oggi diremmo Intelligent Design). È una mossa preliminare nella confutazione della sua teoria rivale.

Quando poi Darwin entra nel merito di altre proprietà del Creatore, in chiave di demolizione dell'idea di creazione speciale, il deismo di partenza sembra sbiadire, a favore di posizioni decisamente più agnostiche in senso lato. La teoria darwiniana predice infatti che la natura sia traboccante di imperfezioni, di stranezze, di tratti ridondanti, di compromessi contingenti. Se ogni forma vivente fosse stata creata proprio così da un progettista divino, dovremmo concludere che si tratta di un demiurgo pasticcione o incompetente.

In questo caso è implicita un'assunzione teologica in merito alle finalità e alle capacità che un Dio creatore avrebbe se esistesse. Lo stesso vale per l'osservazione riguardante l'esuberante e disordinata diversità della vita: i figli non assomigliano del tutto ai genitori; alcuni generi hanno al loro interno una miriade di varianti; spesso le aberrazioni sono foriere di novità future; le contingenze della geografia moltiplicano le specie, per esempio sugli arcipelaghi; alcuni caratteri si ripresentano dopo molto tempo: e così via. La discendenza comune e la selezione naturale sono in grado di dare un senso a tutti questi fatti sparsi. Nel penultimo capitolo, abbiamo visto, l'intero "Sistema Naturale" viene emancipato da qualsiasi "piano del Creatore" (p. 483), a meno di non considerare l'evoluzione stessa, con tutte le sue caratteristiche di contingenza e di neutralità morale, come il piano di un Creatore (ma in tal caso nulla verrebbe aggiunto "alle nostre cognizioni"). Affermare però apoditticamente che tutto ciò sarebbe stato voluto proprio

così, dettaglio dopo dettaglio, da un Creatore significa abdicare da qualsiasi spiegazione scientifica:

> *Ammettere questa ipotesi mi sembra equivalga a rinunciare a una causa reale per una irreale, o almeno per una sconosciuta. Ciò vorrebbe dire considerare l'opera di Dio come uno scherzo e un inganno. Preferirei piuttosto credere, insieme agli antichi e ignoranti autori di cosmogonie, che le conchiglie fossili non appartengono ad animali vissuti in passato, ma sono state create nella roccia per imitare i molluschi viventi sulle coste del mare.* (p. 224)

La teoria delle creazioni speciali, in sostanza, non è predittiva: è vacua sul piano esplicativo e non ha alcun valore scientifico. È mera tautologia, una rinuncia dell'intelletto: le cose stanno così perché Dio, o qualsiasi altro potere imponderabile, le ha volute così "per amore di varietà": "quasi come i giocattoli in un negozio; ma una tale concezione della natura è inammissibile" (p. 250). Allora tanto varrebbe rassegnarsi all'ignoranza degli antichi. Ogni corso ipotetico dell'esperienza può accomodarsi a questa assunzione dogmatica. Siamo cioè nel dominio della più pura infalsificabilità:

> *Secondo l'opinione corrente della creazione indipendente di ogni essere, possiamo dire soltanto che così stanno le cose; dire che piacque al Creatore costruire tutti gli animali e tutte le piante di ogni grande classe secondo un piano uniforme: ma questa non è una spiegazione scientifica.* (p. 503)*

È detto a più riprese in OdS che ciò che risulta strano, incomprensibile e improbabile alla luce delle supposizioni creazioniste diviene comprensibile, normale e probabile alla luce della teoria dell'evoluzione: è il tema di fondo che Darwin assegna al capitolo finale (p. 536, pp. 539-540, pp. 542-544). Nella sesta edizione, a chi gli obiettava che questo argomento per opposizione non fosse un metodo corretto di ragionamento, rispose:

> *... è il metodo usato per giudicare i comuni eventi della vita, ed è stato spesso usato dai più grandi filosofi della natura. Con questo metodo si è arrivati alla teoria ondulatoria della luce; e la credenza nella rotazione della terra intorno al suo asse fino ai tempi recenti non era appoggiata da prove dirette.* (p. 545)

Ai naturalisti che tentavano di spiegare gli organi vestigiali, imperfetti e inutili, come creazioni "per amore di simmetria" e di completamento degli schemi della natura, Darwin risponde che questa non è una spiegazione ma "una semplice conferma del fatto":

> *Che cosa si penserebbe di un astronomo il quale sostenesse che i satelliti descrivono intorno ai loro pianeti orbite ellittiche, "per amore di simmetria", giacché i pianeti ruotano in tal modo intorno al sole?* (p. 521)

Non nutre speranze di convincere i naturalisti che hanno la mente ingombra di pregiudizi radicati:

> *È così facile nascondere la nostra ignoranza sotto espressioni quali il "piano della creazione", l'"unità di disegno", ecc..., e pensare di aver dato una spiegazione, quando invece non si fa che ripetere un fatto.* (p. 546)

L'unico reale "piano della creazione" è la genealogia universale dei viventi, per discendenza con modificazioni (p. 551). Filosoficamente, per Darwin la teoria delle creazioni speciali è quindi falsa sia che Dio esista sia che Dio non esista. Sarebbe poi molto presuntuoso, aggiunge, pensare di conoscere le modalità attraverso le quali si esprimono i poteri intellettuali di un'ipotetica entità divina. Se definiamo Dio come un ente radicalmente diverso da noi, per poter in tal modo preservare alcuni concetti teologici, non possiamo poi usare questo essere sommamente trascendente per tappare i buchi di ciò che ancora non conosciamo come esseri umani o per sostituire consolidate spiegazioni naturalistiche.

Ma è proprio l'immagine di questo Dio che fa scherzi e inganni a porre il problema più serio: "Abbiamo forse qualche ragione per pensare che il Creatore operi con gli stessi poteri intellettuali dell'uomo?" (p. 241). Il deismo vacilla soprattutto quando Darwin affronta il problema del male naturale. Il caso degli sfecidi, simili a vespe, che nascondono nella tana la preda paralizzata destinata al nutrimento delle larve (p. 317), era stato al centro delle sue attenzioni per la particolare crudeltà del comportamento. Come potrebbe un Creatore volere tutto questo? Non è una deduzione logica, nota, ma è molto più soddisfacente immaginare che il Creatore non abbia previsto direttamente le infinite situazioni di sofferenza, di spreco, di inaudita crudeltà, di terrore e di morte che l'evoluzione per selezione naturale prevede come norma e che possiamo osservare in ogni anfratto del mondo naturale (descritte nello splendido passo delle conclusioni già citato, sull'imperfezione come marchio di fabbrica della selezione naturale – p. 538). L'istinto orribile delle larve degli icneumonidi, che si nutrono dall'interno del corpo ancora vivo dei bruchi, quello delle formiche schiaviste o del cuculo che uccide i suoi fratelli adottivi vanno intesi

> ...*non come istinti appositamente creati o equipaggiati nei rispettivi animali, ma come piccole conseguenze di una legge generale, che porta all'avanzamento di tutti gli esseri viventi, cioè alla loro moltiplicazione, alla variazione, al fatto che il più forte vive e il più debole soccombe*. (p. 338)*

Questo passaggio è stato salutato da alcuni autorevoli evoluzionisti credenti (Ayala, 2007) con un sollievo che rischia però di essere filosoficamente rischioso. Le leggi generali sarebbero state progettate da una mente superiore, mentre i dettagli macabri sarebbero affidati al caso, come effetti indesiderati. Ciò significa che chi ha pensato a quelle leggi non era in grado di prevedere tutto il resto, cioè quella "mancanza di assoluta perfezione" (p. 538) che reca così tanto dolore? Dunque la Causa Prima, di cui Darwin parla quando nell'*Autobiografia* si definisce un "teista", non sarebbe onnisciente. Darwin stesso sottolinea questa difficoltà logica in una lettera ad Asa Gray del 1866. Oppure quegli effetti negativi non sono casuali, ma discendono proprio dalle leggi. Allora, se le ragioni di questo smisurato dolore naturale si annidano come conseguenze indirette delle leggi di natura (moltiplicarsi, variare, lottare per la sopravvivenza), e se queste leggi di natura sono state davvero impresse da un Creatore nella materia, non abbiamo semplicemente spostato il problema senza risolverlo? Perché il grande architetto non ha scelto leggi differenti? Darwin sottolinea a più riprese che non si tratta di una deduzione logica e che la materia è assai confusa. Il problema infatti è che la teodicea non nasce certo in Darwin[24], ma con Darwin si radicalizza, perché scopriamo che quel male e quel dolore (insieme alla felicità e al piacere, che a suo avviso in ultima analisi prevalgono) sono proprio il contesto che ha permesso alla selezione naturale di fare evolvere imperfettamente gli organismi, noi compresi.

Ma è soprattutto il suo naturalismo coerente, unito al suo razionalismo scettico, a porlo in rotta di collisione con gran parte dei tentativi di rendere le sue idee compatibili con le credenze religiose. Queste ultime del resto, scrive nell'*Autobiografia*, si sono evolute come consolazioni adattative dalle quali ora è difficile liberarsi, sono istinti antichi che vengono ora inculcati e trasmessi dai genitori attraverso l'educazione: così i bambini trovano arduo "liberarsi dalla fede in Dio, così come è difficile per una scimmia liberarsi dalla paura e dall'odio che nutre istintivamente per

24 "Questo antichissimo argomento" – scrive nell'*Autobiografia* – "che si vale del dolore per negare l'esistenza di una causa prima dotata di intelletto, mi sembra molto valido" (p. 72).

il serpente" (p. 75)[25]. Il sentimento religioso, scrive poco prima, è declinato in ogni cultura in modo diverso e in forme inconciliabili come monoteismi e politeismi.

Se leggiamo OdS insieme alla corrispondenza privata di quegli anni e all'*Autobiografia*, al netto di tutte le sue ritrosie nei confronti di questioni filosofiche o "metafisiche", notiamo che probabilmente Darwin oscillò tra due forme contraddittorie di agnosticismo, optando poi per la seconda. In certi passaggi sembra aderire a un agnosticismo deistico: dopo la sua rinuncia totale al Cristianesimo ("odiosa dottrina" della punizione eterna per i miscredenti[26]), non crede in alcun Dio personale né nell'immortalità dell'anima, ma non esclude in linea teorica (forse condizionato dalla cultura unitariana in cui era cresciuto) che una Causa Prima inattingibile razionalmente possa aver dato inizio a tutto ciò che vediamo.

La difficoltà a concepire l'universo e l'uomo come figli "di un mero caso o di una cieca necessità",

> *...mi costringe a ricorrere a una Causa Prima dotata di un'intelligenza in certo modo analoga a quella dell'uomo; e mi merito così l'appellativo di teista. Questa conclusione, a quanto ricordo, era ben radicata nella mia mente al tempo in cui scrissi l'*Origine delle specie*; ma in seguito, dopo molti alti e bassi, si è gradualmente indebolita.* (p. 74)

Si noti che le righe da "questa conclusione" in avanti, informa Nora Barlow, sono state aggiunte di proprio pugno da Darwin dopo il 1876. È dunque evidente che in passaggi successivi egli predilige invece un agnosticismo totale, in senso moderno: la questione di Dio e le domande ultime (compresa l'esistenza o meno di una Causa Prima) non trovano alcuna risposta possibile in termini di evidenze e di argomentazione razionale, dun-

25 La moglie Emma chiese al figlio Francis di non pubblicare queste righe dell'*Autobiografia* nell'edizione del 1887, in quanto troppo dure, insieme a quelle in cui Darwin definisce la dottrina della dannazione eterna dei miscredenti come suo padre e suo fratello "un'odiosa dottrina". La censura familiare su questi brani cadde grazie alla nipote di Darwin, Nora Barlow, che pubblicò l'edizione integrale direttamente dal manoscritto del nonno nel 1958: "È tempo ormai di pubblicare le parti soppresse nel 1887. La severità di certi passi consigliò di censurarli, settant'anni fa, per un segno di rispetto ai sentimenti di alcuni amici: ma ormai quelle osservazioni appaiono inoffensive, e tanto più degne di essere conosciute in quanto gettano una luce rivelatrice sul passato" (p. XXIX). L'ottimismo di Nora Barlow non prevedeva che il successo del fondamentalismo religioso nel XXI secolo rendesse quelle righe darwiniane nuovamente oggetto di "tempeste scientifico-religiose". Sulla figura di Emma Wedgwood Darwin si veda: Ceci, 2012.

26 *Autobiografia*, ed. it. cit., p. 69.

que restano insolubili e completamente al di là dei limiti dell'intelletto umano.

OdS rientra quindi nella fase di agnosticismo deistico, che poi abbandona negli anni successivi a causa della sua manifesta incoerenza logica. Quando Darwin scrive di non voler escludere l'esistenza della Causa Prima lo sta facendo sulla base di un prudente naturalismo metodologico: restando sul piano scientifico, non può dimostrarne né l'esistenza né la non esistenza; sul piano filosofico, la materia è indecidibile. Poi prevale invece un naturalismo più radicale. È illogico credere in qualcosa che non si può capire o che "per natura sua è inintelligibile" (*Autobiografia*, p. 38). È contro ogni evidenza pensare, come Asa Gray, che il piano divino si manifesti indirettamente attraverso variazione e selezione. Anche questa presa di posizione fa quindi parte del suo rifiuto del deduttivismo filosofico chiacchierone e infondato, contro il quale si scaglia nell'*Autobiografia*. Sta insomma dicendo che, esclusi ogni creazionismo e ogni teologia ingannevolmente finalistica, sia chi propone teismi compatibilistici confusi sia chi brandisce OdS come manifesto di militanza ateistica lo fa sovrapponendo propri principi filosofici a una materia scientifica (il che è legittimo, ma non lo riguarda). Meglio a suo avviso attenersi a un'etica naturalistica e a uno scetticismo razionalista (p. 77) di tipo agnostico.

12. *"Non sono fatto per seguire ciecamente la guida degli altri"*

Resta il fatto, ben descritto da Giuseppe Montalenti nell'introduzione all'edizione italiana 1967 di OdS, che "il creazionismo, così com'era inteso prima di Darwin, e l'evoluzionismo, così com'è stato formulato dal Darwin, non sono teorie limitate a un ristretto problema biologico, ma rispondono a due diverse concezioni del mondo e dell'uomo, a due diverse filosofie" (p. 9). L'effetto di OdS sulla cultura dell'epoca fu, secondo Montalenti, addirittura "apocalittico": "lo sfacelo della struttura filosofica e religiosa tradizionale" impregnata di aristotelismo e tomismo (p. 17). Come abbiamo visto, OdS non fu soltanto un libro, ma la prima grande controversia scientifica internazionale nelle scienze della vita, un appello a generazioni future di "giovani ed emergenti naturalisti" (p. 547) affinché prendessero il testimone di un nuovo modo di fare scienza e liberassero l'argomento dell'evoluzione dal "fardello di pregiudizi" che gravava su di esso (ibid.).

Nel 1872, dieci anni prima di morire, aggiunge alcune note ottimistiche nelle conclusioni della sesta edizione di OdS. Mentre all'uscita della prima

edizione nessun naturalista ammetteva apertamente la mutabilità delle specie, scrive Darwin (sminuendo così il ruolo degli anticipatori elencati nel troppo generoso compendio storico), "oggi la situazione è completamente cambiata, e il grande principio dell'evoluzione (*evolution*) è ammesso da quasi tutti i naturalisti" (p. 548). Il lungo ragionamento è stato persuasivo e la campagna culturale dei darwiniani ha avuto successo. Altri naturalisti cercano ancora cause miracolose per la comparsa improvvisa di grandi modificazioni, ma ci sono "prove schiaccianti" contro le loro tesi.

Pazientemente, dopo venti anni di attesa, e ora dopo dodici anni di dibattiti seguiti alla prima edizione di OdS, è riuscito a far passare la sua "rivoluzione". È lui stesso a usare questo termine, prospettando metodi del tutto innovativi per i sistematici del futuro grazie alle sue scoperte (e a quelle di Wallace, aggiunge nella seconda edizione):

> *Quando le opinioni esposte da me in questo volume, e da Wallace, o quando opinioni analoghe sull'origine delle specie saranno generalmente ammesse, possiamo prevedere che vi sarà una considerevole rivoluzione nella storia naturale.* (p. 550)

Regole più semplici metteranno ordine nel lavoro dei sistematici. Grandi e inesplorati campi di ricerca si apriranno, a cominciare dalle leggi della variazione e dello sviluppo (p. 551). Faremo luce sull'antica geografia delle specie nel globo, e anche sull'evoluzione della specie umana. L'unica "nobile scienza" a "perdere gloria" (p. 552) è la geologia, a causa dell'imperfezione della documentazione (ma avrà modo di rifarsi un secolo dopo). Evidenze convergenti confermeranno la teoria dell'evoluzione per selezione naturale. Le ultime pagine di OdS dettano con determinazione e lungimiranza l'agenda di un programma di ricerca nel quale siamo ancora immersi. Nell'*Autobiografia* Darwin confessa: "A quanto pare non sono fatto per seguire ciecamente la guida degli altri.". E prosegue:

> *Ho sempre cercato di tenermi libero da idee preconcette, in modo da poter rinunciare a qualunque ipotesi, anche se molto amata (e non so trattenermi dal formularne una per ogni argomento), non appena mi si dimostri che i fatti vi si oppongono. Non mi è dato di agire diversamente ...* (ed. it. p. 123)

Anche se forse non ha sempre rispettato questo principio, talvolta innamorandosi oltre misura delle proprie ipotesi come succede a tutti, è proprio questo atteggiamento di indipendenza intellettuale che possiamo definire "scientifico" nel senso più nobile del termine (ma anche, perché no, "filosofico") a restituire alla figura di Darwin tutta la sua attualità. Qui abbiamo

voluto rintracciare questo insegnamento soprattutto nella sua flessibilità esplicativa, che fa del suo programma di ricerca ancora dopo un secolo e mezzo una fabbrica di idee, di ipotesi e di dibattiti, tra robuste conferme, estensioni, aggiornamenti e revisioni. Poche pagine prima, parlando con orgoglio delle molte traduzioni estere di OdS, si era concesso una predizione lusinghiera: "la risonanza del mio nome dovrebbe durare per alcuni anni" (p. 121). Altro che: alcuni secoli ormai. Nonostante le tante preoccupazioni figlie della sua mitezza, Darwin fu un uomo libero, un esempio di intellettuale civile dentro la tempesta di emancipazione che aveva prodotto, oggetto di quelli che definiva "i violenti attacchi degli ortodossi" religiosi. Rileggiamo il suo capolavoro innanzitutto perché è ancora oggi un'agenda aperta sul futuro. "Intanto questo è un principio", aveva scritto a Hooker nel 1869, e così è stato. Qui[27] abbiamo cercato di raccontarne l'intricata genesi, il metodo innovativo e la peculiare struttura interna.

27 L'autore, che si assume ogni responsabilità su quanto scritto, rivolge un sincero ringraziamento a Giuseppe Fusco e ad Alessandro Minelli per l'attenta lettura critica del manoscritto.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Principali biografie e introduzioni a Darwin

Bowler, P.J. (1990), *Charles Darwin: The Man and His Influence*, Blackwell, Oxford.

Browne, J. (1995), *Charles Darwin. Voyaging*, Princeton University Press, Princeton NJ.

Browne, J. (2002), *Charles Darwin. The Power of Place*, Princeton University Press, Princeton NJ.

Desmond, A. e J. Moore (1991), *Vita di Charles Darwin*, Bollati Boringhieri, Torino, nuova edizione 2009.

Eldredge, N. (2006), *Darwin. Alla scoperta dell'albero della vita*, Codice Edizioni, Torino, 2006.

Huxley, J. (1949), *Darwin*, Mondadori, Milano, 1983.

Keynes, Randal (2001), *Casa Darwin. Il male, il bene e l'evoluzione dell'uomo*, Einaudi, Torino, 2007.

Keynes, Richard (2002), *Fossili, fringuelli e fuegini*, Bollati Boringhieri, Torino, 2006.

Montalenti, G. (1982), *Charles Darwin*, Editori Riuniti, Roma.

Pievani, T. (2012a), *Introduzione a Darwin*, Laterza Editori, Roma-Bari.

Quammen, D. (2006), *L'evoluzionista riluttante*, Codice Edizioni, Torino, 2008.

2. Opere dedicate a *L'origine delle specie*

Browne, J. (2006), *Darwin, L'origine delle specie. Una biografia*, Newton Compton Editori, Roma, 2007.

Jones, S. (1999), *Quasi come una balena. Aggiornare* L'origine delle specie, Codice Edizioni, Torino, 2005.

Ruse, M. e R. Richards (2009), eds., *The Cambridge Companion to the 'Origin of Species'*, Cambridge University Press, Cambridge.

Sober, E. (2011), *Did Darwin Write the Origin Backwards?*, Prometheus Books, Amherst (NY).

3. Principali edizioni de *L'origine delle specie*

Darwin, C.R. (1859- 1872), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, London (2° ed. 1860, 3° ed. 1861, 4° ed. 1866, 5° ed. 1869, 6° ed. 1872)
Darwin, C.R. 1959, *The Origin of Species. A Variorum Text*, ed. by M. Peckham, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
2009, *The Annotated Origin. A Facsimile of the First Edition of* On the Origin of Species *by Charles Darwin*, ed. by J.T. Costa, Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
trad. it. 1967, *L'origine delle specie*, dalla sesta edizione, Bollati Boringhieri, Torino, trad. di L. Fratini
trad. it. 1994, in C. Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1994, pp. 175-522, trad. di C. Balducci, dalla prima edizione,
trad. it. 2009, *L'origine delle specie*, dalla prima edizione, BUR Rizzoli, Milano, trad. di G. Pancaldi.

4. Altre opere di Darwin citate nel testo

1836-1844, *Charles Darwin's Notebooks*, British Museum (Natural History)-Cornell University Press, Ithaca, New York, 1987, a cura di P.H. Barrett, P.J. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn, S. Smith; trad. it. *Taccuini 1836-1844, Taccuino Rosso, Taccuino B, Taccuino E*, Editori Laterza, Roma-Bari, 2008, a cura di T. Pievani, trad. di I. Blum; trad. it. *Taccuini filosofici (Taccuini M e N. Note sul senso morale. Teologia e selezione naturale)*, UTET Università, Torino, 2010, a cura di A. Attanasio.
1838-1843, edited by C. Darwin, *The Zoology of the Voyage of H.M.S. 'Beagle'*, five volumes, Smith, Elder and Co., Cornhill, London.
1839, *Journal of Researches into the Geology and Natural History of the Various Countries visited by H.M.S. 'Beagle'*, Henry Colburn, London, edizione rivista nel 1845 e nel 1860; trad. it. *Viaggio di un naturalista intorno al mondo*, Einaudi, Torino, 1989; Giunti, Firenze, 2002; Feltrinelli, Milano, 2009.
1842, *The Structure and Distribution of Coral Reefs*, Smith, Elder and Co., London, nuova edizione 1874; trad. it. in *Opere geologiche*, Hevelius Edizioni, Benevento, 2004, a cura di G. Chiesura.
1842, *Sketch*, in *The Foundations of the Origin of Species, Two Essays written in 1842 and 1844*, Cambridge University Press, Cambridge, 1909, ed. by Francis Darwin; trad. it. in *L'origine delle specie, Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 – Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, a cura di T. Pievani, trad. di I. Blum.
1844, *Geological Observations on the Volcanic Islands Visited During the Voyage of H.M.S. 'Beagle'*, Smith, Elder and Co., Cornhill, Cornhill, London; trad. it. in *Opere geologiche*, cit., 2004.
1844, *Essay*, in *The Foundations of the Origin of Species, Two Essays written in 1842 and 1844*, Cambridge University Press, Cambridge, 1909, ed. by Fran-

cis Darwin; trad. it. in C. Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1994, pp. 63-161.

1846, *Geological Observations on South America*, Smith, Elder and Co., Cornhill, London; trad. it. in *Opere geologiche*, cit., 2004.

1851, *A Monograph on the Fossil Lepadidae, or, Pedunculated Cirripedes of Great Britain*, Palaeontographical Society, London.

1851-1854, *A Monograph on the Sub-Class Cirripedia*, 2 voll., Ray Society, London.

1854, *A Monograph on the Fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain*, Palaeontographical Society, London.

1858, *On the tendency of species to form varieties, and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection*, con A. R. Wallace, in "Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London", vol. III, 9, pp. 45-62; trad. it. in *L'origine delle specie, Abbozzo del 1842 – Lettere 1844-1858 – Comunicazione del 1858*, Einaudi, Torino, 2009, a cura di T. Pievani.

1862, *On the Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing*, John Murray, London, 2° ed. 1877; trad. it. *I diversi apparecchi per mezzo dei quali le orchidee vengono fecondate dagli insetti*, UTET, Torino, 1883; Edizioni ETS, Pisa, 2009, a cura di B. Barsella e R. Dell'Orso.

1868, *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, John Murray, London, 2° ed. 1875; trad. it. *Variazione degli animali e delle piante allo stato domestico*, UTET, Torino, 1876; Millenni Einaudi, Torino, 2011, a cura di A. Volpone.

1871, *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, John Murray, London, 2° ed. 1874; trad. it. *L'origine dell'uomo e la selezione sessuale*, in C. Darwin, *L'evoluzione*, Newton Compton, Roma, 1994, pp. 523-975.

1872, *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, John Murray, London, 2° ed. 1890, ed. By F. Darwin; trad. it. *L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali (con Taccuini M e N. Profilo di un bambino)*, Bollati Boringhieri, Torino, 1999, a cura di P. Ekman.

1879, *Erasmus Darwin. Preliminary Notice*, with E. Krause, John Murray, London.

1881, *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on their Habits*, John Murray, London, 2° ed. 1881; trad. it. *La formazione della terra vegetale per l'azione dei lombrici con osservazioni intorno ai loro costumi*, UTET, Torino, 1882; in "Il Cefalopodo", n. 3, 1997, Moretti & Vitali, Bergamo, pp. 86-193, a cura di S. Finzi e D. Deana.

1887, *The Life and Letters of Charles Darwin, Including an Autobiographical Chapter*, 3 voll., ed. by F. Darwin, John Murray, London.

1958, *The Autobiography of Charles Darwin 1809-1882*, ed. by N. Barlow, con l'aggiunta dei passi omessi nelle precedenti edizioni, Collins, London; trad. it. *Autobiografia, 1809-1882*, Einaudi, Torino, 2006.

1975, *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of His Big Species Book Written From 1856-1858*, ed. by R.C. Stauffer, Cambridge University Press, Cambridge (UK).

1977, *The Works of Charles Darwin. An Annotated Bibliographical Handlist*, ed. by R.B. Freeman, Folkstone, Dawson.

1996, *Charles Darwin's Letters. A Selection 1825-1859*, Cambridge University Press, Cambridge, ed by F. Burkhardt; trad. it. *Lettere 1825-1859*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 1999.
1985-2011, *The Correspondence of Charles Darwin*, ed. by F. Burkhardt *et alii*, 18 voll., in progress, Cambridge University Press, Cambridge.
2013, *Darwin e la religione*, selezione di lettere darwiniane su temi religiosi, a cura di T. Pievani, Einaudi, Torino, in corso di stampa.

- Le opere complete di Darwin sono consultabili online, in originale, presso il sito: http://darwin-online.org.uk/
- La corrispondenza pressoché integrale di Darwin è consultabile online, in originale, presso il sito: www.darwinproject.ac.uk

5. Riferimenti bibliografici citati nel testo

Ayala, F.J. (2007), *Il dono di Darwin*, Edizioni San Paolo, Milano, 2009.
Barsanti, G., (2005), *Una lunga pazienza cieca. Storia dell'evoluzionismo*, Einaudi, Torino.
Bowler, P.J. (1983), *The Eclipse of Darwinism*, Johns Hopkins University, Baltimore.
Bowler, P.J. (1984), *Evolution. The History of an Idea*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
Bowler, P.J. (1988), *The Non-Darwinian Revolution*, Johns Hopkins University, Baltimore.
Carroll, S.B. (2006), *Al di là di ogni ragionevole dubbio*, Codice Edizioni, Torino, 2008.
Cavalli Sforza, L.L. (1996), *Geni, popoli e lingue*, Adelphi, Milano.
Ceci, C. (2012), *Emma Wedgwood Darwin. Ritratto di una vita, evoluzione di un'epoca*, Sironi Editore, Milano.
Chiesura, G. (2002), *Charles Darwin geologo*, Hevelius Edizioni, Benevento.
Coyne J.A., H.A. Orr (2004), *Speciation*, Sinauer Ass., Sunderland (MA).
Darwin, C. R., A. Dohrn (1982), *Darwin-Dohrn Correspondence*, Macchiaroli, Napoli, ed. by C. Groeben.
Darwin, E. (1794-1796), *Zoonomia, or the Laws of Organic Life*, J. Johnson, London.
Dennett, D.C. (1995), *L'idea pericolosa di Darwin*, Bollati Boringhieri, Torino, 1997.
Desmond, A., e J. Moore (2009), *La sacra causa di Darwin*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2012, introduzione di G. Giorello e T. Pievani.
Eiseley, L. (1961), *Il secolo di Darwin*, Feltrinelli, Milano, 1975.
Eldredge, N. (1995), *Ripensare Darwin*, Einaudi, Torino, 1999.
Eldredge, N. (1999), *Le trame dell'evoluzione*, Cortina Editore, Milano, 2002.
Ellegard, A. (1990), *Darwin and the General Reader. The Reception of Darwin's Theory of Evolution in the British Periodical Press 1859-1872*, University of Chicago Press, Chicago.

Fisher, R.A., 1930, *The Genetical Theory of Natural Selection*, ed. 1958, Dover Publications, New York.

Forrest, B. e P.R. Gross, (2004). *Creationism's Trojan Horse*. Oxford-New York: Oxford University Press.

Futuyma, D.J. (1995), *Science on Trial. The Case for Evolution*, Sunderland (MA): Sinauer Associates.

Gayon, J. (1998), *Darwinism's Struggle for Survival*, Cambridge University Press, Cambridge.

Ghiselin, M. (1969), *Il trionfo del metodo darwiniano*, Il Mulino, Bologna, 1981.

Girotto, V., T. Pievani, G. Vallortigara (2008), *Nati per credere. Perché il nostro cervello sembra predisposto a fraintendere la teoria di Darwin*, Codice Edizioni, Torino.

Gould, S.J. (1977), *Questa idea della vita. La sfida di Charles Darwin*, Editori Riuniti, Roma, 1984.

Gould, S. J. (1987), *La freccia del tempo, il ciclo del tempo*, Feltrinelli, Milano, 1989.

Gould, S.J. (2002), *La struttura della teoria dell'evoluzione*, Codice Edizioni, Torino, 2003, a cura di T. Pievani.

Gould, S.J., N. Eldredge (1977), "Punctuated Equilibria: the Tempo and Mode of Evolution Reconsidered", in *Paleobiology*, 3, pp. 115-51.

Gould, S. J. e R. C. Lewontin (1979), *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist Programme*, in "Proc. R. Soc. London", B, 205, pp. 581-98.

Gould, S.J. e Vrba, E.S. (2008), *Exaptation. Il bricolage dell'evoluzione*, Bollati Boringhieri, Torino, a cura di T. Pievani.

Grene, M. (1986), *Dimensions of Darwinism*, Cambridge University Press, Cambridge.

Gruber, H.E. (1974), *Darwin on Man. A Psychological Study of Scientific Creativity*, University of Chicago Press, Chicago.

Herschel, J. (1830), *A Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*, Longman, London.

Hodge, J. e G. Radick (2003), ed. by, *The Cambridge Companion to Darwin*, Cambridge University Press, Cambridge.

Howard, J.C. (2009), "Why didn't Darwin discover Mendel's Laws?", in *Journal of Biology*, vol. 8, 15, 1-8.

Hull, D.L. (1983), *Darwin and His Critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community*, The University of Chicago Press, Chicago.

Kohn, D. (1980), "Theories to Work by: Rejected Theories, Reproduction and Darwin's Path to Natural Selection", in *Studies in the History of Biology*, 4, pp. 67-170.

Kohn, D. (1985), ed. by, *The Darwinian Heritage*, Princeton University Press, Princeton.

La Vergata, A. (2009), *Colpa di Darwin? Razzismo, eugenetica, guerra e altri mali*, UTET Libreria, Torino.

Mandel'štam, O. (1988), *Viaggio in Armenia*, Adelphi, Milano.

Manzi, G. (2007), *L'evoluzione umana*, Il Mulino, Bologna.

Mayr, E. (1942), *Systematics and the Origin of Species*, Columbia University Press, New York.
Mayr, E. (1982), *Storia del pensiero biologico*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990.
Mayr, E. (1991), *Un lungo ragionamento. Genesi e sviluppo del pensiero darwiniano*, Bollati Boringhieri, Torino, 1994.
Milner, R. (2009), *Darwin's Universe. Evolution from A to Z*, University of California Press, Berkeley e Los Angeles.
Monod, J. (1970), *Il caso e la necessità*, Mondadori, Milano, 1970.
Montalenti, G. (1965), *L'evoluzione*, Einaudi, Torino.
Parravicini, A. (2009), *La mente di Darwin*, Negretto Editore, Castel d'Ario (Mn).
Pennock, R.T. (1999), *Tower of Babel. The Evidence against the New Creationism*, Cambridge (MA): The MIT Press.
Pievani, T., (2005), *Introduzione alla filosofia della biologia*, Laterza, Roma-Bari.
Pievani, T., (2006a), *Creazione senza Dio*, Einaudi, Torino.
Pievani, T. (2006b), *La teoria dell'evoluzione*, Il Mulino, Bologna.
Pievani, T. (2007), *In difesa di Darwin*, Bompiani, Milano.
Pievani, T. (2008), *L'eredità di Darwin*, in Aa. Vv. *L'evoluzione biologica e i grandi problemi della biologia*, XXXIV seminario, Accademia Nazionale dei Lincei, Bardi Editore, Roma, pp. 303-318.
Pievani, T. (2009), "The World after Charles R. Darwin: Continuity, Unity in Diversity, Contingency", in *Rend. Fis. Acc. Lincei*, Springer, 2009, 20: 355-361.
Pievani, T. (2011a), *La vita inaspettata*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
Pievani, T. (2011b), "An Evolving Research Programme: the Structure of Evolutionary Theory from a Lakatosian Perspective", in A. Fasolo, ed. by, *The Theory of Evolution and Its Impact*, Springer, New York, pp. 211-228.
Pievani, T. (2012b), *La fine del mondo. Guida per apocalittici perplessi*, Il Mulino, Bologna.
Pievani, T., E. Serrelli (2011), "Exaptation in Human Evolution: How to test adaptive vs exaptive evolutionary hypotheses", in *JASs – Journal of Anthropological Sciences*, vol. 89, pp. 1-15.
Richards, R. (1987), *Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior*, The University of Chicago Press, Chicago.
Ruse, M. (1979), *The Darwinian Revolution*, The University of Chicago Press, Chicago.
Ruse, M. (1986), *Taking Darwin Seriously*, Basil Blackwell, New York.
Ruse, M. (1989), *The Darwinian Paradigm, Essays on its History, Philosophy and Religious Implications*, Routledge, London.
Solinas, M. (2012), *L'impronta dell'inutilità. Dalla teleologia di Aristotele alle genealogie di Darwin*, Edizioni ETS, Pisa
Sterelny, K., P.E. Griffiths (1999), *Sex and Death. An Introduction to Philosophy of Biology*, The University of Chicago Press, Chicago.
Stott, R. (2003), *Darwin and the Barnacle*, Norton & C., New York.
Tort, P. (1996), a cura di, *Dictionnaire du darwinisme et de l'évolution*, 3 voll., Presses Universitaires de France, Paris.
Wallace, A. R. (1890), *Darwinism*, Macmillan, London.
Wood, B. (2005), *Evoluzione umana*, Codice Edizioni, Torino, 2008.

Telmo Pievani

(1970) è professore associato presso il Dipartimento di Biologia dell'Università degli studi di Padova, dove insegna Filosofia delle Scienze Biologiche. Dal 2001 al 2012 è stato in servizio presso l'Università degli studi di Milano Bicocca. Filosofo e storico della biologia ed esperto di teoria dell'evoluzione, è autore di numerose pubblicazioni nazionali e internazionali nel campo della filosofia della scienza, fra le quali: *Introduzione alla filosofia della biologia* (Laterza, Roma-Bari, 2005); *La teoria dell'evoluzione* (Il Mulino, Bologna, 2006 e 2010); *Creazione senza Dio* (Einaudi, Torino, 2006, finalista Premio Galileo e Premio Fermi); *In difesa di Darwin* (Bompiani, Milano, 2007); *Nati per credere* (Codice Edizioni, Torino, 2008, con V. Girotto e G. Vallortigara); *La vita inaspettata* (Raffaello Cortina Editore, Milano, 2011; finalista Premio Galileo; Premio Serono Menzione Speciale 2012); *Homo sapiens. La grande storia della diversità umana* (Codice Edizioni, Torino, 2011, con L.L. Cavalli Sforza); *Introduzione a Darwin* (Laterza, Roma-Bari, 2012); *La fine del mondo. Guida per apocalittici perplessi* (Il Mulino, Bologna, 2012). Alcuni di questi volumi sono tradotti e in corso di traduzione in lingue straniere, fra le quali inglese, spagnolo e portoghese.
Fa parte del Comitato Etico e del Comitato Scientifico della Fondazione Umberto Veronesi per il progresso delle scienze, per la quale collabora ai comitati di programma delle conferenze mondiali "The Future of Science" e "Science for Peace". Socio corrispondente dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti per la classe di Scienze, membro della Società Italiana di Biologia Evoluzionistica, componente del Direttivo dell'Istituto Italiano di Antropologia, fa parte dell'Editorial Board di riviste scientifiche internazionali come *Evolutionary Biology* e *Evolution: Education and Outreach*. È direttore di *Pikaia*, il portale italiano dell'evoluzione. È componente del Consiglio Scientifico del Festival della Scienza di Genova.
Insieme a Niles Eldredge e Ian Tattersall ha curato l'edizione italiana rinnovata della mostra internazionale "Darwin.1809-2009" (Roma-Milano-Bari 2009-2010).
Insieme a Luigi Luca Cavalli Sforza è curatore del progetto espositivo internazionale "*Homo sapiens*: la grande storia della diversità umana" (Roma, Palazzo delle Esposizioni, 2011-2012; Trento, 2012-2013; Novara, 2013).
Collabora con *Il Corriere della Sera* e con le riviste *Le Scienze*, *Micromega* e *L'Indice dei Libri*.